www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

8e JAARGANG No. 10, blz. 289-320 OCTOBER 1946

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

EEN NIEUWE SERIE KLEINE RADIOBUIZEN

door G. ALMA en F. PRAKKE.

621.396.694 - 181.4

Door de ontwikkeling der radiobuizen met platte bodem, hetzij met geheel glazen of met metalen omhulsel, konden indertijd de afmetingen der buizen (vooral de lengte) sterk worden gereduceerd en tevens konden goede eigenschappen voor zeer hooge frequenties worden verkregen. Voor een verdere verkleining bood de metalen uitvoering weinig vooruitzichten, aangezien de onderlinge capaciteiten en de diëlectrische verliezen tusschen de doorvoeren te groot worden. Bij de geheel glazen uitvoering stuitte het verder verkleinen af op de moeilijkheid, dat de kathode tijdens het aansmelten van de ballon aan de bodemplaat te heet werd. Bij de nieuwe serie buizen, die thans door Philips is ontwikkeld (A-serie of „Rimlock"-buizen), is deze moeilijkheid uit de weg geruimd, doordat ballon en bodemplaat niet door versmelten maar door middel van een als „plakmiddel" fungeerend glazuur met laag verweekingspunt aan elkaar worden verbonden. De diameter der buizen kan daardoor veel kleiner worden. Teneinde in de bodemplaat acht contactpennen te kunnen onderbrengen (het grootste aantal, dat bij buizen voor een normaal ontvangtoestel voorkomt) en om ook bij de grootste voorkomende dissipatie (14 W, voor een eindpenthode) de ballon niet te warm te doen worden, is de diameter op 22 mm bepaald. Eenige bijzonderheden van de fabricage en van de bouw der nieuwe buizen worden in dit artikel besproken.

Hoewel reeds sinds een aantal jaren radiobuizen worden gefabriceerd die wat betreft hun inwendige bouw en de uitvoering van het omhulsel (ballon en stroomtoevoeren) alleszins als rationeel kunnen worden beschouwd, zijn er toch verscheidene tendenties op radiogebied, die tot een verdere ontwikkeling der buizen hebben genoopt. In de eerste plaats is er de groote belangstelling, die tegenwoordig op de markten van de meeste landen bestaat voor de kleine, goedkoope toestellen. Ten tweede wordt het gebied der korte en zeer korte golven steeds belangrijker, o.a. doordat de televisie in sommige landen reeds bezig is haar weg naar de huiskamer te vinden.

Om kleine toestellen te kunnen bouwen, moeten de toe te passen radiobuizen en andere onderdeelen zoo klein mogelijk worden gemaakt. In dit opzicht hebben de laatste 7 à 8 jaren een opmerkelijke ontwikkeling te zien gegeven. Reeds tweemaal is in dit tijdschrift bij een etappe in deze ontwikkelingsgang der radiobuizen stilgestaan [1] [2]). Bij de nieuwe serie radiobuizen die thans door Philips is ontwikkeld, is de verkleining ten opzichte van voorgaande series weer een der meest opvallende kenmerken. Zooals we in dit artikel zullen uiteenzetten, is deze verkleining, waarbij tevens naar goede eigenschappen der buizen voor korte golven moest worden gestreefd, in hoofdzaak mogelijk geworden door een nieuwe techniek in de vervaardiging van het omhulsel.

Glazen en metalen buizen met platte bodem

Bij buizen die men wil kunnen gebruiken voor korte golf ontvangst (en eventueel ook voor ultra korte golf), treden o.a. de eischen naar voren, dat de onderlinge capaciteiten tusschen de toevoeren naar de diverse electroden zeer klein moeten zijn en dat in het isolatiemateriaal tusschen deze toevoeren slechts geringe diëlectrische verliezen mogen optreden.

In een vroeger ontwikkelingsstadium van de buizen werd in dit opzicht een belangrijke vooruitgang verkregen door het verlaten van de oorspronkelijke „kneep"-constructie en het overgaan tot een ballon met platte bodem [1]). De toevoerdraden werden hierdoor veel korter en behoefden slechts over een geringe lengte en met groote onderlinge afstand door het glas van de ballon te loopen. Tevens konden de doorvoeren door de ballonbodem zelf als contactpennen worden geconstrueerd, zoodat de huls van persmateriaal, die groote en sterk varieerende verliezen veroorzaakte, kon vervallen. De geringe totale lengte der toevoeren bracht bovendien een evenredig kleinere zelfinductie mede, het-

[1]) Philips techn. T. 4, 170, 1939.
[2]) Philips techn. T. 6, 321, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

geen nieuwe mogelijkheden opende voor het gebruik van buizen van dit type voor zeer hooge frequenties (metergolven) [3]).

Tot zoover gingen de op zichzelf wenschelijke vermindering van de buisafmetingen en de eveneens gewenschte verbetering van de eigenschappen voor korte golven parallel. Bij een verdere ontwikkeling blijken deze wenschen echter in conflict met elkaar te komen. Voor een sterke verkleining der ontvangtoestellen was het zaak de diameter van de buizen te beperken — deze bepaalt immers grootendeels het voor een ontvanger vereischte chassisoppervlak —, maar dit impliceerde een kleinere afstand der contactpennen in de platte buisbodem en daarmee een verhooging van hun onderlinge capaciteiten en van de diëlectrische verliezen. Dit bezwaar gold het sterkst voor die uitvoering der buizen, waarbij de ballonwand en ook de platte bodem geheel uit metaal werden vervaardigd en de contactpennen met glazen parels in de bodem werden ingesmolten. Een deel van de bereikte vooruitgang wat betreft capaciteiten der toevoeren en diëlectrische verliezen, ging bij deze metalen constructie weer verloren en zij bood weinig vooruitzichten voor een mogelijke verdere verkleining van de ballondiameter. Een belangrijk voordeel echter, dat deze buizen bezaten ten opzichte van het daartegenover staande type, dat geheel uit glas was vervaardigd, was te zoeken in de fabricage. Teneinde de bodemplaat, waar het stel op gemonteerd staat, aan de ballon te smelten, moeten de randen van ballon en plaat bij een glazen buis op een temperatuur van ongeveer 800 à 900 °C worden verhit. Hoe korter de toevoeren en hoe nauwer de ballon, des te dichter komen de deelen van het electrodensysteem bij de insmeltplaats te staan en des te hooger wordt hun temperatuur tijdens het insmelten. Wil men dus zeer kleine buizen maken, dan wordt de kans groot, dat bij het insmelten sommige deelen worden geoxydeerd en dat de kathode wordt aangetast („vergiftigd"), hetgeen haar emissievermogen vermindert. Men moet derhalve met een groote uitval bij de fabricage rekenen, of men moet bij het insmelten een niet oxydeerend gas (bijv. stikstof) door de ballon doen stroomen, hetgeen de fabricage gecompliceerder maakt. Bij een metalen buis daarentegen brengt het aan elkaar verbinden van ballon en bodemplaat slechts heel geringe temperatuurverhoogingen in het electrodensysteem mee. Het verbinden geschiedt hierbij door middel van een zware laschmachine, die in een enkele stroomstoot een nauwkeurig gedoseerde hoeveelheid warmte in de te versmelten randen doet ontstaan, welke warmte vervolgens dank zij het goede warmtegeleidingsvermogen van de metalen deelen dadelijk naar de laschelectroden en de verdere omgeving wordt afgevoerd.

[3]) Zie bijv. Philips techn. T. 3, 104, 1938.

De glazuurtechniek

Blijkens het bovenstaande ontmoet men zoowel bij de metalen als bij de glazen radiobuizen een bezwaar, als men de buizen verder wil verkleinen: bij de metalen buizen gaan de korte golf eigenschappen achteruit, bij de glazen buizen ontstaan er moeilijkheden bij het insmelten. Een uitweg is hier thans gevonden door vast te houden aan het glas als materiaal van ballon en bodemplaat, doch voor het aan elkaar verbinden dezer deelen een nieuw, van het gebruikelijke geheel afwijkend, procédé uit te werken. Ballon en bodemplaat worden aan elkaar verbonden door middel van een soort glazuur, waarvan het verweekingspunt aanzienlijk lager ligt dan het verweekingspunt van het glas en dat als „plakmiddel" fungeert. Nadat de glazen bodemplaat met de hierin aan te brengen contactpennen is geperst, legt men op de rand van de plaat een ringetje van geperst glazuurpoeder. Bij de volgende bewerking, nl. het verwarmen en langzaam weer laten afkoelen van de plaat, waardoor mechanische spanningen in het glas worden opgeheven, smelt het poeder en het glazuurlaagje verbindt zich vast aan het glas (zie *fig. 1*). Daarna worden de

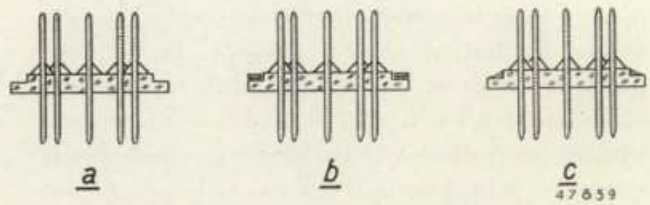


Fig. 1. *a*) Bodemplaat van radiobuis van de A-serie, met ingeperste contactpennen. Doorsnede op ware grootte.
b) Zelfde bodemplaat met opgelegd glazuurringetje.
c) Het glazuurringetje is op het glas gesmolten.

electroden op de bodemplaat gemonteerd en met behulp van een speciale insmeltmachine wordt vervolgens de ballon met zijn rand op het glazuurlaagje „vastgeplakt". Dit geschiedt door de bodemplaat met het glazuurringetje los op de rand van de omgekeerde ballon te zetten en het geheel zoo hoog te verwarmen, dat het glazuur week wordt. Door zijn eigen gewicht zakt dan de bodemplaat zoover, dat de rand van de ballon in de glazuurlaag dringt en na het stollen van het glazuur onwrikbaar en vacuumdicht hierin vast zit (*fig. 2*). De temperatuur behoeft bij deze manipulatie, waarbij wel het glazuur, maar niet het glas week moet worden, veel

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

minder hoog te worden opgevoerd dan bij het rechtstreeks versmelten van de glazen deelen. Bij het

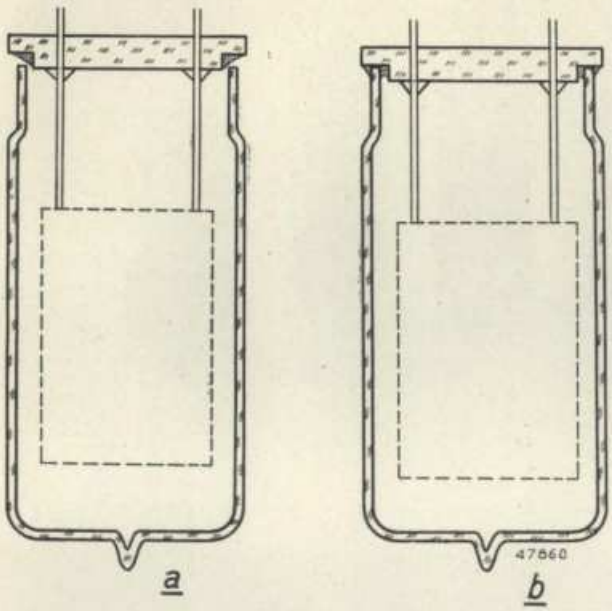


Fig. 2. Het aan elkaar verbinden van ballon en bodemplaat volgens de glazuurtechniek. Doorsnede op 1,5 × ware grootte.
a) De bodemplaat is met het aangesmolten glazuurringetje los op de ballonrand gelegd.
b) Bij het smelten van het glazuur dringt de ballonrand in het glazuurlaagje en na stollen van het glazuur zijn ballon en bodem stevig en vacuumdicht verbonden.

glazuur dat voor de thans gefabriceerde nieuwe buizen wordt gebruikt, is een temperatuur van ca 450 °C voldoende. De electroden in de nieuwe, kleine buizen, met name de kathode, komen hierbij hoogstens op 230 °C, terwijl bij dezelfde buizen in het geval van de vroegere insmelttechniek met een temperatuur van de kathode van 500 à 600 °C had moeten worden gerekend.

Om te vermijden, dat bij het afkoelen na het insmelten gevaarlijke mechanische spanningen optreden, moet het glazuur nog aan de eisch voldoen, dat zijn warmte-uitzettingscoëfficient vrijwel gelijk is aan die van het glas, dat voor ballon en bodemplaat wordt gebruikt. Bovendien moet door bepaalde toevoegingen er voor worden gezorgd, dat de oppervlaktespanning een geschikte waarde heeft. Voor de beschreven fabricagemethode is het nl. noodig, dat de meniscus van het glazuurlaagje in fig. 1c een bepaalde, iets holle vorm heeft, zoodat bij het opzetten op de ballon (fig. 2*a*) de bodemplaat niet opzij kan glijden.

In *fig. 3* is een detail van de machine weergegeven, waarmee het „plakken" van ballon en bodem wordt uitgevoerd. Over de naar boven uitstekende contactpennen van de los opgelegde bodemplaat wordt een metalen hoedje gehangen. Dit loopt daarna tusschen twee rijen radiaal naar het hoedje gerichte vlakke vlammen door. Ballonrand en bodemplaat worden aldus zeer gelijkmatig verwarmd, zoodat geen mechanische spanningen in het glas optreden. Het gewicht van het hoedje helpt mee om de ballonrand goed in de glazuurlaag te doen dringen.

Dank zij de glazuurtechniek is het mogelijk gebleken de nieuwe serie buizen, die als A-serie (of „Rimlock"-buizen) wordt aangeduid, te maken met een diameter van slechts 22 mm. Ter vergelijking zij vermeld, dat de vroeger beschreven B-serie een diameter van 32 mm heeft, de C-serie (waaronder de korte golf balanspenthode EFF 50) een diameter van 36 mm [4]). Enkele der buistypen die in de B- of de C-techniek worden gemaakt, komen voor toepassing van de A-techniek niet in aanmerking; hierop komen wij nog terug. In *fig. 4a* is een serie buizen in de A-techniek weergegeven, in fig. 4*b* een A-buis tezamen met een B- en een C-buis. De verkleining der afmetingen wordt het best geïllustreerd door *fig. 5*, waarin van twee ver-

Fig. 3. Detail van de insmeltmachine, waarop ballon en bodemplaat aan elkaar worden verbonden. Op de los opgelegde bodemplaat wordt een metalen hoedje gezet (links). Het geheel loopt tusschen twee rijen op het hoedje gerichte gasvlammen door, waarbij het glazuurlaagje op de voor het smelten vereischte temperatuur van ca 450 °C komt.

[4]) De ontwikkeling ven de B- en C-serie, de zg. „Sleutel"-buizen, is uitvoerig beschreven in het in noot [2]) aangehaalde artikel.

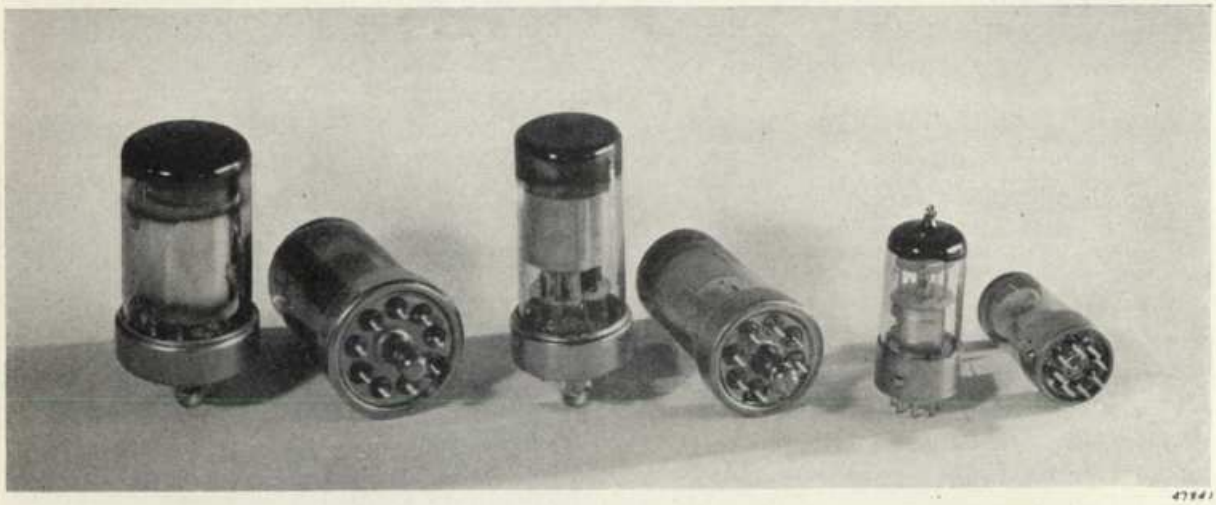
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

a)

4791/3

b)



4791/1

EFF 50 ECH 21 UCH 41

Fig. 4. *a*) Vijf buizen van de nieuwe A-serie („Rimlock"-buizen, diameter 22 mm), bestemd voor een normaal ontvangtoestel. Weergegeven zijn, van links naar rechts: de UF 41, een middenfrequentiepenthode; de UCH 41, een triode-hexode; de UL 41, een 9 W-eindpenthode; de UY 41, een gelijkrichtbuis; en de UAF 41, een diode-penthode. Deze buizen zijn geschikt voor apparaten met gelijk- en wisselstroomvoeding.
b) Ter vergelijking zijn naast elkaar afgebeeld: de korte golf balansversterkerbuis EFF 50, in de C-techniek (36 mm diameter); de ECH 21, een triode-heptode, in de B-techniek (32 mm diameter); de UCH 41, in de A-techniek.

schillende buistypen, nl. een middenfrequentiepenthode en een eindpenthode, eenige opeenvolgende uitvoeringsvormen met ongeveer dezelfde prestaties naast elkaar zijn afgebeeld.

Behalve de mogelijkheid van kleinere afmetingen biedt de glazuurtechniek het algemeene voordeel, dat de ballon in een bepaalde, bijv. op 0,1 mm gedefinieerde vorm kan worden geconstrueerd en deze vorm bij het insmelten nauwkeurig behoudt. Men ziet bijv. in *fig. 6*, waarin twee omhulsels zonder electrodensystemen zijn weergegeven, bij het linker omhulsel duidelijk het inspringen van de ballon nabij de bodemplaat, dat om later te bespreken reden gewenscht was. Bij de vroeger gebruikte methode van aansmelten zouden zulke kleine details in de vormgeving door het verweeken geheel verloren gaan. Een bijzonder onaangenaam gevolg van het verweeken van ballon en bodemplaat dient hier afzonderlijk vermeld. Wordt de diameter zeer klein, dan kan eventueel de geheele bodemplaat bij het insmelten week worden, waardoor de in de bodemplaat geperste contactpennen scheef gaan staan of zelfs een weinig van plaats veranderen. Men moet dan de pennen naderhand weer recht buigen, en om te vermijden, dat hierbij sprongen in het glas worden veroorzaakt, moeten de pennen van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 5. Opeenvolgende uitvoeringsvormen, met ongeveer dezelfde prestaties, van een middenfrequentiepenthode (voorste rij) en een 9 W-eindpenthode (achterste rij). Afgebeeld zijn vooraan, van links naar rechts, de buizen: AF 7, uit het jaar 1935, EF 9 (1938), EF22 (1941), EF41 (1946); evenzoo achteraan de buizen: AL4 (1937), EBL21 (1941), EL41 (1946).

een zacht materiaal worden gemaakt. Bij zulk een constructie loopt men echter weer kans, dat de pennen bij het gebruik van de buizen gemakkelijk verbogen worden en dan niet meer in de buishouder passen. Al deze complicaties worden vermeden bij de glazuurtechniek, waar dank zij de lage insmelttemperatuur de bodemplaat haar vorm geheel behoudt. De pennen kunnen dus bij de kleine diameter der A-serie even goed als bij de grootere diameters der B- en C-techniek van hard materiaal worden gemaakt.

Voor een deel kan men dit voordeel weer opvatten als een vereenvoudiging van de fabricage, welke een versnelling van de productie mogelijk maakt.

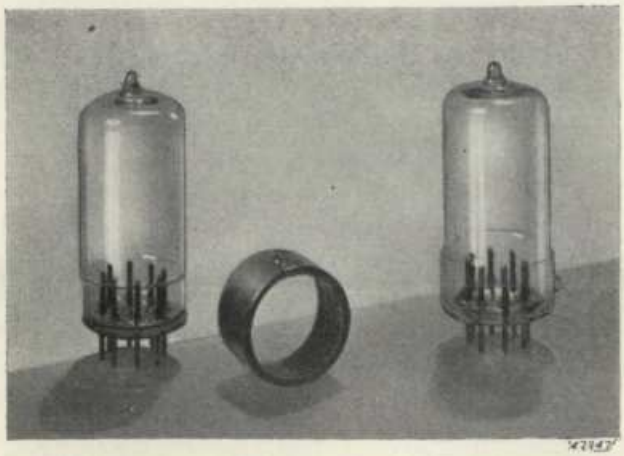


Fig. 6. Omhulsel der A-buizen, zonder electrodensysteem. Het pompen en afsmelten geschiedt aan de bovenzijde van de ballon. De afgesmolten punt wordt verstevigd door hem direct na het smelten met behulp van een mal een gedrongen conische vorm te geven.Bij de twee afgebeelde omhulsels worden twee verschillende uitvoeringsvormen toegepast van het geleidingsmechanisme voor het inzetten van de buis in de houder (zie aan het slot van het artikel).

Een rechtstreeksche versnelling ontstaat ook door het eenvoudige feit, dat bij het insmelten een lagere temperatuur vlugger bereikt wordt dan een hooge.

Nadere beschrijving der nieuwe buizen

De keuze van de diameter

Wat de temperatuur van de kathode tijdens het insmelten betreft, had men de diameter der buizen nog aanzienlijk kleiner dan 22 mm kunnen kiezen. Het zijn nu vooral de capaciteiten en de verliezen der toevoeren die een beperking opleggen. Hoever men met het verkleinen van de diameter kan gaan, hangt dan in de eerste plaats af van het aantal pennen, dat men in de bodemplaat wil onderbrengen; in de tweede plaats van de warmte-ontwikkeling in de buis, die de bedrijfstemperatuur van het omhulsel bepaalt en daarmee in sterke mate de diëlectrische verliezen en eventueele electrolytische aantasting van het glas tusschen de pennen beïnvloedt.

Het aantal benoodigde pennen, evenals de warmteontwikkeling, varieeren sterk voor verschillende buistypen. Voor een gelijkrichtbuis van een radiotoestel kan men met vier pennen volstaan; voor de meest ingewikkelde buis van een normaal ontvangtoestel, nl. een indirect verhitte mengbuis, waarvoor men, o.a. om een voldoend constante afstemming bij korte golf te verkrijgen, het liefst een triode-hexode-systeem zal gebruiken, heeft men minstens acht pennen noodig, te weten zes voor de electroden (de kathode is voor het triode- en hexodegedeelte gemeenschappelijk en twee paren roosters kunnen doorverbonden worden) en twee voor de kathodeverhitting. Men zou dus in principe voor elk buistype tot een andere, kleinst mogelijke dia-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

meter komen. Het is echter duidelijk, dat dit zoowel voor het fabriceeren der buizen als voor het ontwerpen van een toestel, waarbij men juist zooveel mogelijk naar een normalisatie der onderdeelen streeft, zeer onpractisch zou zijn. Er is daarom voor de geheele A-serie één diameter gekozen, groot genoeg om het maximaal noodige aantal van acht pennen te kunnen aanbrengen en om bij de grootste, in een buis voor een normaal ontvangtoestel voorkomende totale dissipatie, nl. 14 watt (ontwikkeld in een 9 W-eindpenthode, die voor het verkrijgen van een groote steilheid een lange kathode en daardoor een kathodevermogen van $4^1/_2$ W heeft), nog geen onaangename verschijnselen door te hooge ballontemperatuur te verkrijgen. Enkele speciale buizen, die negen aansluitingen noodig hebben, worden in de bestaande B- of C-techniek gemaakt.

Het streven naar normalisatie, dat wij zoojuist noemden als een der drijfveeren bij de bepaling van de buisafmetingen, heeft er toe geleid, dat over deze afmetingen internationale afspraken tusschen buizenfabrikanten zijn gemaakt. De door ons voor de A-techniek gekozen afmetingen zijn thans, evenals die voor de B- en C-techniek, als standaardafmetingen ook door de Engelsche radiobuizenindustrie (British Valvemakers Association) aangenomen. Enkele constructieve bijzonderheden van de A-buizen, voornamelijk in verband met het straks nog te bespreken geleidingsmechanisme, zijn in overleg met de British Valvemakers Association uitgewerkt.

De voor de A-techniek gekozen diameter van 22 mm is ook wat betreft de spanningszekerheid ruim voldoende. Het bleek zelfs, dat bij een speciale televisiebuis, waarbij een topspanning van 4000 V optreedt, deze spanning tusschen twee diametraal tegenover elkaar gelegen contactpennen kon worden aangebracht, zonder dat men een electrolyse van het glas of doorslag behoefde te vreezen. Deze buis is in *fig.* 7 afgebeeld.

In Amerika zijn in de laatste jaren eveneens zeer kleine radiobuizen van geheel glazen constructie ontwikkeld, waarbij de diameter slechts 17 mm bedraagt (de zg. miniatuurbuizen). Deze buizen bevatten hoogstens 7 contactpennen; een indirect verhitte mengbuis van het triode-hexode-type kan derhalve hiermee niet worden gemaakt, en een eindpenthode slechts indien men zich met een geringere steilheid of een kleiner vermogen tevreden stelt of de bezwaren van een hoogere ballontemperatuur op de koop toe wil nemen.

Constructie der electrodensystemen

In het algemeen is het gewenscht om de electrodensystemen in radiobuizen vrij staande op twee of drie steunpolen te construeeren. Niet alleen is dit eenvoudiger dan het steunen van het systeem met ringen of dergelijken tegen de ballonwand, maar het geeft ook minder kans op deformaties bij het inbrengen van het systeem in de ballon. Het vrij staand construeeren wordt echter bij kleine ballondiameter bezwaarlijk wegens het gevaar, dat het electrodensysteem bij schokken of trillingen tegen de ballonwand botst, en dat er bij het bedrijf hierdoor allerlei kraakgeluiden ontstaan. De gekozen diameter van 22 mm is nog juist groot genoeg, dat voor de meeste buistypen, bijv. een triode-hexode, een penthode, een diode-penthode, enz. die alle een ballonlengte van 43 mm hebben, de vrij staande constructie kan worden aangehouden. Alleen voor een 9 W-eindpenthode en een gelijkrichtbuis in de nieuwe serie, die een electrodensysteem van grootere lengte bezitten en waarvan de ballon dan ook 61 resp. 52 mm lang is (verg. fig. 4*a*) moest een gesteunde constructie worden toegepast.

De buizen der A-serie die verschillende functies in zich vereenigen, zooals de triode-hexode en de diode-penthode, wijken nog inzooverre van vroegere buizen van deze typen af, dat het ingewikkeldste van de twee electrodensystemen thans onderaan, het eenvoudigste bovenop is geplaatst. Dit vereenvoudigt de constructie van de steunpolen en micaschijven, die het geheel de noodige stijfheid moeten geven. Bovendien heeft men bij deze plaatsing minder last van de warmteafleiding door de stroomtoevoerdraden aan het ondereinde der kathode. Van de in de ballonas uitgespannen kathode doet nl. een korte sector dienst voor het eenvoudigste en de resteerende lange sector voor het ingewikkeldste electrodensysteem. De gemiddelde temperatuur van het langste gedeelte zal klaarblijkelijk minder dan die van het kortste door een warmteafleiding aan het ééne uiteinde worden beinvloed. Het is derhalve het gunstigst als het lange gedeelte onderaan komt te staan.

De glazuurtechniek is bijzonder gunstig voor buizen voor batterij-ontvangers. Bij deze buizen is het van groot belang het vermogen, noodig voor de kathodeverhitting, zooveel mogelijk te beperken. Dit leidt er toe, dat men een direct verhitte kathode gebruikt en dat men de kathodedraad (waarop een zeer dun laagje van een goed emitteerend oxyde wordt aangebracht) zoo dun mogelijk wil maken. Met de meestal gebruikte nikkeldraad kan men wegens de betrekkelijk geringe trekvastheid niet verder gaan dan 20 micron. Bij de Philips batterijbuizen is daarom reeds eenige jaren geleden overgegaan tot een kathode van wolfraamdraad, die een veel grootere trekvastheid heeft en daardoor veel dunner kon worden gemaakt. De wolfraamdraad is echter gevoeliger voor oxydatie

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 7

Fig. 8

Fig. 7. Diode voor televisiedoeleinden. De grootste optredende spanning, die tusschen de diametraal tegenover elkaar gelegen contactpennen kan komen te staan, bedraagt 4000 V.
Fig. 8. Dubbele diode (mengdiode) voor ultra korte golf.

dan de nikkeldraad. Hier biedt de lage insmelttemperatuur bij de glazuurtechniek een groot voordeel. De dikte van de kathodedraad is thans tot 8 micron gereduceerd, waarbij een gloeistroom van slechts 12,5 mA noodig is.

Het inzetten van de buizen in de houder

Een radiobuis en de bijbehoorende buishouder moeten zoo geconstrueerd zijn, dat de buis bij het inzetten altijd op de juiste wijze met de contactpennen in de houder komt te staan. Vroeger bewerkstelligde men dit meestal door de pennen met ongelijke afstanden in de buisvoet aan te brengen. Het is bij deze methode moeilijk om een buis op een slecht toegankelijke plaats in een ontvangtoestel goed in de houder te zetten.

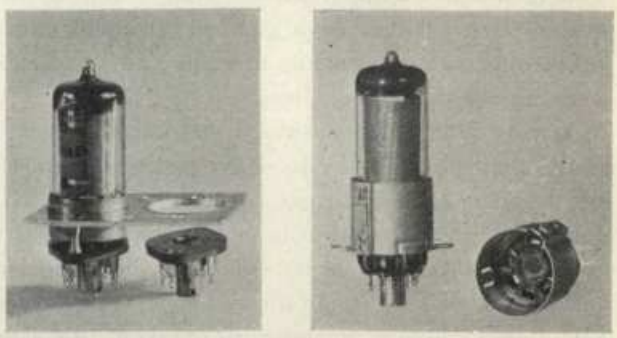
Een andere methode, die wordt toegepast bij de A-serie, evenals reeds bij de B- en C-serie, bestaat daarin, de contactpennen op gelijke afstanden te plaatsen en voor het vastleggen van de stand in de buishouder een geleidingsmechanisme aan te brengen. Dit bestond bij de buizen der B- en C-serie uit een zoeknok in het midden van de bodemplaat [2]). Bij de A-serie is het mechanisme wat anders. Op het onderste gedeelte van de ballon, dat iets inspringt, wordt een metalen ring gekit. Deze ring wordt van een zoeknok in de vorm van een kleine uitstulping voorzien, die in een bijbehoorende gleuf in de rand van de buishouder past (vandaar de benaming „Rimlock"-buizen). Het feit, dat de ballon, dank zij de lage insmelttemperatuur bij de glazuurtechniek, zijn vorm nauwkeurig behoudt, maakt het mogelijk de metalen ring met een slechts zeer kleine tolerantie om de ballon te laten sluiten.

De vormvastheid van de ballon maakt het zelfs mogelijk, de metalen ring weg te laten en de zoeknok rechtstreeks als een kleine verhevenheid in de glazen ballonwand zelf uit te blazen. Men komt aldus tot een wel bijzonder eenvoudige constructie; bij de in fig. 6 rechts afgebeelde leege ballon is zij goed te zien. In *fig. 8* is een dubbele diode (mengdiode) voor ultra korte golf ontvangst weergegeven, waarbij deze constructie wordt toegepast. Voor ultra korte golf is de geschetste oplossing speciaal van voordeel, daar de metalen ring hier een zeer ongewenschte verhooging van de capaciteiten der toevoeren zou veroorzaken.

Voor de buishouder is bij deze geleidingsmethode een zeer eenvoudige constructie mogelijk. In *fig. 9a* is deze weergegeven. De houder bestaat uit een isoleerend plaatje met contactbusjes voor de pennen, dat met twee afstandsbusjes ca 8 mm beneden de dekplaat van het chassis wordt opgehangen. De dekplaat heeft een cirkelvormige opening voor het invoeren van de buis, waarbij op een bepaalde plaats in de rand van de opening een gleuf is gesneden waar de zoeknok in past.

In vele gevallen is het gewenscht, met name wanneer een toestel met ingezette buizen getransporteerd moet kunnen worden, om met de geleidingsinrichting een vergrendeling te combineeren. Hiervoor is een andere buishouder uitgewerkt, waarvan de constructie in fig. 9*b* is weergegeven.

In fig. 9*a* en *b* ziet men, dat midden in de buishouder een metalen busje is geplaatst. Dit busje, dat na het inzetten van de buis tot vlak onder de bodemplaat van de buis reikt, dient als electrostatische afscherming tusschen de contactpennen (in het bijzonder van anode en stuurrooster), een functie, die bij de vroeger beschreven B- en C-serie door de centrale zoeknok werd vervuld.



a) b)

Fig. 9. *a*) Buishouder voor de A-serie. De zoeknok op de rand van de ballon valt in een gleuf in de rand van de houder.
b) Buishouder met vergrendeling. Door een veertje waar de zoeknok bij het inzetten inspringt, wordt de buis vastgehouden. Het busje in het midden van de houder schermt de toevoerpennen tot vlak onder de bodemplaat tegen elkaar af.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE TOEPASSING VAN ISOTOPEN ALS INDICATOREN

door A. H. W. ATEN Jr. en F. A. HEYN. 539.16.08:539.155.2

Voegt men in een physisch of chemisch proces aan een der deelnemende stoffen een geringe hoeveelheid toe van een geschikt gekozen radioactief of stabiel isotoop, dan kan men de atomen hiervan dank zij hun radioactiviteit of hun afwijkend atoomgewicht bij al hun lotgevallen volgen, hun verblijfplaats opsporen en hun verdeeling nagaan. Het aldus als „indicator" gebruikte isotoop kan zoodoende inlichtingen omtrent de aard en het verloop van het bedoelde proces verschaffen. Vooral geldt dit voor processen, waarbij men te maken heeft met een uitwisseling van identieke deeltjes. Aangezien dergelijke processen in de physiologie en in de chemie van zeer veel belang zijn, en aangezien de indicatorenmethode het eenige thans bekende hulpmiddel is om zulke processen aan te toonen en te onderzoeken, heeft de methode hier een uitgebreid toepassingsveld gevonden. Maar ook voor talrijke onderzoekingen, die in principe langs andere weg zouden kunnen worden uitgevoerd, blijkt de indicatorenmethode van zeer groot nut te zijn, ten deele dank zij haar buitengewoon groote gevoeligheid, ten deele wegens het groote gemak waarmee de gestelde vragen kunnen worden beantwoord. Een en ander wordt in dit artikel aan de hand van een reeks voorbeelden toegelicht.

Inleiding

Toen in de loop der vorige eeuw het periodieke systeem der chemische elementen werd opgesteld, verkeerde men in de meening, dat elk der elementen uit slechts één bepaald soort atomen zou bestaan. Naderhand bleek, dat dit niet juist is: een element kan uit verschillende atoomsoorten bestaan, die practisch identieke chemische eigenschappen bezitten — hetgeen immers juist het criterium is om de atomen met de naam van het desbetreffende element aan te duiden —, maar die in atoomgewicht één of meer eenheden verschillen. Dergelijke „isotope" atoomsoorten, zoo genoemd omdat zij op éénzelfde plaats in het periodieke systeem moeten worden ondergebracht, kunnen zoowel stabiel zijn als instabiel. In het laatste geval gaan zij geleidelijk onder uitzending van een straling in andere atoomsoorten over, zij zijn dan radioactief.

Vrijwel alle in de natuur voorkomende atoomsoorten zijn stabiel. Er zijn slechts enkele instabiele, nl. de bekende stoffen met natuurlijke radioactiviteit, zooals radium, thorium, uranium enz. Daarnaast beschikt men tegenwoordig over middelen om van elk element één of meer nieuwe, in de natuur niet voorkomende isotopen te maken, die alle instabiel zijn (kunstmatige radioactieve stoffen).

Een enkel voorbeeld moge het bovenstaande illustreeren. Het in de natuur voorkomende element calcium bestaat uit minstens zes stabiele isotope atoomsoorten, en wel voor 96,96% uit Ca^{40}, dwz. calciumatomen met (afgerond) atoomgewicht 40, en verder voor 0,64% uit Ca^{42}, voor 0,15% uit Ca^{43}, voor 2,06% uit Ca^{44}, voor 0,0033% uit Ca^{46} en voor 0,19% uit Ca^{48}. Voorts heeft men tot het begin van het jaar 1944 kunstmatig nog zes radioactieve calcium-isotopen kunnen maken, met de resp. atoomgewichten 39, 39, 41, 45, 49, 49. De verschillende instabiele isotopen kunnen nog van elkaar worden onderscheiden door het karakter van hun radioactiviteit. Bij een radioactieve atoomsoort gaat per seconde een bepaald percentage der aanwezige atoomkernen door spontane ontleding over in een ander soort, waarbij elke zich ontledende kern, naar gelang van zijn soort, een negatief of positief electron of een α-deeltje (helium-kern) uitzendt. Gelijktijdig wordt vaak een electromagnetische straling (γ-straling) uitgezonden. De intensiteit van de totale straling van een radioactief preparaat kan op elk oogenblik gemakkelijk worden gemeten. Daar het aantal nog niet ontlede atoomkernen voortdurend slinkt, terwijl de ontledingskans voor elk atoom en dus het per seconde zich ontledende percentage der kernen constant blijft, daalt de waargenomen radioactiviteit mettertijd. De snelheid van deze daling, meestal uitgedrukt door de „halveeringstijd", d.i. de tijd waarin de intensiteit van de straling tot op de helft daalt, is karakteristiek voor elk isotoop. Zoo hebben de bovenvermelde zes radioactieve calciumisotopen een halveeringstijd van resp. 4,05 minuten; 1,06 seconden; 8,5 dagen; 180 dagen; 2,5 uren; 30 minuten.

Het bestaan der isotopen is niet slechts van theoretisch interesse. De isotopen zijn in de laatste 10-20 jaren een uiterst nuttig practisch werktuig geworden voor velerlei wetenschappelijke en technische onderzoekingen. Voor een belangrijk deel berust deze toepassingsmogelijkheid hierop, dat een geïsoleerd isotoop van een element op geheel dezelfde wijze aan chemische en physische processen deelneemt als het van ouds bekende, in de natuur voorkomende isotopenmengsel van dat element,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

terwijl het bedoelde isotoop voor den onderzoeker toch steeds te herkennen en na te speuren is, ook in een chemisch identiek milieu, dank zij de radioactiviteit of het afwijkend atoomgewicht. Het isotoop fungeert als een „indicator", die aldus omtrent de zich afspelende processen inlichtingen kan verschaffen welke langs andere weg veel moeilijker of zelfs in het geheel niet te verkrijgen zouden zijn.

We zullen dit nog nader toelichten, maar om den lezer dadelijk beter thuis te brengen, bespreken we eerst een viertal voorbeelden uit de groote hoeveelheid onderzoekingen, die tot dusverre met isotopen als indicatoren reeds zijn verricht.

Wat men met (radioactieve) indicatoren kan doen

Eerste voorbeeld

Bij de productie van staal moet o.a. de fosfor, die in vrij aanzienlijke hoeveelheden in het ruwe ijzer aanwezig is, onschadelijk worden gemaakt, door er een slakvormende stof aan toe te voegen of in de smeltkroes een geschikte bekleeding aan te brengen, die met de fosfor reageert. Doorloopend moet dan gecontroleerd worden, hoeveel fosfor zich nog in het gesmolten metaal bevindt. Natuurlijk kan men dit door chemische analyse van steekproeven doen. Veel sneller en gemakkelijker krijgt men echter uitsluitsel, wanneer men bij het begin van het proces een weinig radioactieve fosfor aan de smelt toevoegt. Deze verdeelt zich in korte tijd geheel homogeen in de smelt, zoodat de verhouding tusschen de aanwezige natuurlijke fosfor en de radioactieve in elk deel van de smelt hetzelfde is. Verdwijnt er fosfor uit de smelt naar de bovenop drijvende slak of naar de bekleeding, dan gebeurt dit in gelijke mate met de natuurlijke en radioactieve. De afneming van het percentage fosfor in de smelt kan men dus ook bepalen door alleen de afneming van de radioactieve fosfor te onderzoeken. Dit is nu buitengewoon eenvoudig, daar men hiervoor slechts de radioactiviteit van een steekproef uit de smelt behoeft te meten, hetgeen met een electrometer of een electronenteller zeer gemakkelijk kan geschieden [1]).

Tweede voorbeeld

In allerlei fabrieken komen de arbeiders in aanraking met kwik. Het is bekend, welk een funeste invloed op de gezondheid het geregeld inademen van kwikdamp kan hebben. Een concentratie van meer dan 10^{-4} gram kwik per m^3 lucht moet op den duur reeds als schadelijk worden beschouwd. Het is een lastig probleem om kwik in deze groote verdunningen aan te toonen, daar chemische analyses hier falen. In een bepaald geval, dat zich voordeed bij de fabricage van buisvormige fluorescentielampen in een Amerikaansche fabriek, is men als volgt te werk gegaan. De lampen werden met kwikdamp onder lage druk gevuld, waartoe men een arbeider een glazen zijbuisje, dat een kwikdruppeltje bevatte, aan de lamp liet „blazen". Bij deze werkwijze was het niet te vermijden, dat de arbeider een zeer kleine hoeveelheid kwikdamp in zijn longen kreeg. Om deze hoeveelheid te bepalen, werd in een reeks proeven telkens een volume van 2 liter lucht die in aanraking geweest was met de kwikdruppel, onder geheel dezelfde omstandigheden als bij de fabricagegang, afgezogen en langs een metaalplaatje gevoerd, dat op de temperatuur van vloeibare lucht werd gehouden. Practisch al het kwik uit de lucht sloeg op het plaatje neer. Men gebruikte nu voor de proeven kwik dat een bekend, klein percentage van een radioactief kwikisotoop bevatte. De radioactiviteit van het plaatje, die men na de proef weer heel eenvoudig kon meten, gaf een maat voor de hoeveelheid kwik, die zich in de er langs gezogen lucht bevond. Op deze manier kon nog een concentratie van $5 \cdot 10^{-6}$ g/m^3 worden aangetoond. Er werden kwikconcentraties gevonden van gemiddeld ongeveer 10^{-5}, in een enkel geval ca $4 \cdot 10^{-5}$ g/m^3, waaruit werd afgeleid, dat de glasblazer bij de bewuste manipulatie geen gevaar voor vergiftiging liep [2]).

Derde voorbeeld

Smelt men in een waterstofatmosfeer een stukje metaal samen met een radioactief lood-isotoop en laat men het daarna weer kristalliseeren, dan doen zich twee mogelijkheden voor. In sommige metalen, zooals thallium en magnesium, is het lood in aanzienlijke percentages oplosbaar, de loodatomen zijn dan gelijkmatig door de korrels in het verkregen, polykristallijne metaal verdeeld. Bij andere metalen daarentegen, zooals bismuth, tin, antimoon, zilver, goud, koper en nikkel, waarin lood practisch niet oplost, komt het radioactieve lood terecht aan de korrelgrenzen. Maakt men nu van het metaal een microscopisch preparaat en legt men dit eenige uren op een fotografische plaat, dan zal deze na ontwikkeling gezwart blijken te zijn op die plaatsen, waar zij tegen radioactieve deeltjes heeft gelegen, dus waar zich het lood heeft afgezet. Door een dergelijk

[1]) Een electronenteller is bijv. beschreven door A. Bouwers en F. A. Heyn in Philips techn. T. **6**, 74, 1941. Bij de metingen moet natuurlijk rekening worden gehouden met de natuurlijke daling van de radioactiviteit met de tijd. Op dergelijke practische bijzonderheden zullen wij bij een latere gelegenheid terugkomen.

[2]) J. W. Irvine en C. Goodman, J. appl. Phys. **14**, 496, 1943.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

„auto-radiogram", waarvan in *fig. 1* een voorbeeld is weergegeven, kan men dus ten eerste nagaan, of en in hoeverre het toegevoegde lood in het metaal oplosbaar is. Immers, is het lood geheel opgelost, dan wordt de fotografische plaat op het geheele

Fig. 1. Radiogram van tin met een radioactief lood-isotoop (thorium B), dat zich aan de korrelgrenzen van het polykristallijne metaal heeft afgescheiden. Ongeveer tien maal vergroot. (Uit: G. Tammann en G. Bandel, Z. Metallk. **25**, 154, 1933.)

oppervlak gelijkmatig gezwart. Lost het lood niet of maar gedeeltelijk op, dan worden door het radiogram tevens de korrelgrenzen op fraaie wijze zichtbaar gemaakt (fig. 1). De methode kan in dit geval ook waardevolle inlichtingen verschaffen omtrent de veranderingen, die in de structuur van het metaal optreden bij rekristallisatie en walsen [3]).

Vierde voorbeeld

De wrijving tusschen twee metaaloppervlakken berust voor een deel op adhesie, die tengevolge heeft, dat bij het langs elkaar glijden uiterst kleine metaalstukjes uit het eene oppervlak gescheurd en in het andere opgenomen worden. Bij voldoende sterke uitwisseling van metaal worden de twee oppervlakken als het ware aan elkaar gelascht (het bekende zich-vast-vreten). De hoeveelheid materiaal die aldus, over en weer, van het eene metaaloppervlak naar het andere gaat, is een maat voor de bijdrage, die dit effect tot de totale wrijvingskracht levert. In het algemeen heeft men hier met zeer kleine, chemisch nauwelijks of in het geheel niet aantoonbare hoeveelheden te maken. Men heeft nu het onderzoek met behulp van een radioactieve indicator uitgevoerd [4]). Het eene metaaloppervlak was „geactiveerd", dwz. het bestond voor een klein gedeelte uit atomen van een radioactief isotoop van het metaal. Liet men nu dit oppervlak over het tweede, niet geactiveerde metaaloppervlak glijden, dan vertoonde na de proef ook het tweede oppervlak een zekere radioactiviteit. Hoeveelheden van 10^{-10} gram overgedragen materiaal konden aldus nog worden aangetoond, en in het bijzonder kon, met een radiogram als in het vorige voorbeeld beschreven, ook de verdeeling van het overgedragen materiaal op het oppervlak worden onderzocht. Uit het in *fig. 2a* afgebeelde radiogram concludeert men bijv., dat het langs elkaar glijden der twee metaaloppervlakken bij deze proef klaarblijkelijk niet continu gebeurde, maar in kleine sprongen. De invloed van allerlei factoren, zooals de druk, de hardheid der oppervlakken enz. op de materiaaloverdracht kan volgens deze methode worden nagegaan, evenzoo de invloed van een smeermiddel; zie fig. 2*b*.

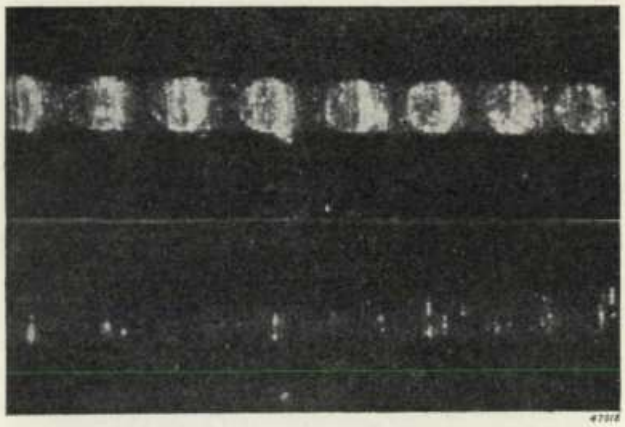


Fig. 2. Radiogrammen van een metaaloppervlak, waarover een metalen glijstuk met een radioactief bestanddeel is gegleden. Uit de radioactiviteit van het oppervlak blijkt, dat er een materiaaloverdracht heeft plaats gehad. Deze verklaart voor een groot deel de wrijving die bij het glijden optreedt. De afbeelding heeft betrekking op de wrijving van lood op staal, *a*) zonder smeermiddel, *b*) met smeermiddel. Vergrooting ongeveer zes maal. (Uit: J. N. Gregory, Nature (London) **157**, 444, 1946.)

Waarom de indicatoren zoo belangrijk zijn

Uit deze enkele voorbeelden kunnen we reeds de belangrijkste eigenschappen afleiden, die aan de indicatorenmethode haar groote beteekenis hebben gegeven.

We vestigen eerst de aandacht op het laatst besproken voorbeeld. De materiaaloverdracht kan hier gemeten worden ook dan, als de twee langs elkaar glijdende oppervlakken dezelfde metalen bevatten of zelfs geheel identiek zijn. Men beseffe, dat dit langs geen enkele tot nog toe bekende weg mogelijk geweest zou zijn, aangezien de overdracht naar beide zijden plaats vindt: men heeft te maken met een uitwisseling van identieke deelen. Met chemische noch physische methoden zou men de

[3]) G. Tammann en G. Bandel, Z. Metallk. **25**, 153 en 207, 1933.

[4]) B. W. Sakmann, J. T. Burwell en J. W. Irvine, J. appl. Phys. **15**, 459, 1944; J. N. Gregory, Nature (London) **157**, 444, 1946 (6 April).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

herkomst van het nà de proef op één der oppervlakken aanwezige metaal kunnen nagaan, terwijl het radioactieve isotoop er zonder meer uitsluitsel over geeft.

Processen waarbij een uitwisseling van identieke deeltjes plaats vindt, komen in de natuur in groote getale voor, zoowel in de chemie en metallurgie, als vooral in de physiologie van plant en dier. De indicatorenmethode, die de eenige aangrijpingsmogelijkheid hiervoor biedt, is op zeer groote schaal voor het onderzoek van zulke processen toegepast en de publicaties op dit gebied zijn dan ook legio. In een samenvattend overzicht uit het jaar 1940 over dergelijke onderzoekingen, alléén op het gebied der physiologie [5]), worden al meer dan 300 publicaties aangehaald. Maar ook op het gebied der techniek, voor routine-onderzoekingen, en evenzoo in de landbouw en de chemie, begint de methode steeds ruimer toepassing te vinden [6]).

Hoewel het laatst besproken voorbeeld de mogelijkheid illustreert om met behulp van een isotoop de uitwisseling van identieke deeltjes te bestudeeren, is de toepassing van de indicatorenmethode in dit geval niet alleen door de genoemde mogelijkheid gemotiveerd. Indien twee verschillende metalen op elkaar glijden, zou de materiaaloverdracht in principe ook met andere methoden kunnen worden nagegaan. Dat men dan toch met een radioactieve indicator werkte, heeft zijn reden daarin, dat met de radioactiviteitsmetingen een veel grootere gevoeligheid te bereiken is, dwz. veel kleinere hoeveelheden van een stof kunnen worden aangetoond dan met andere tot dusverre beschikbare methoden. Iets soortgelijks geldt voor het boven beschreven geval van de kwikbepaling. Bij de fosforbepaling die als eerste voorbeeld werd besproken, is de indicatorenmethode eveneens niet principieel noodzakelijk. Het motief voor haar toepassing is in dit geval het grootere gemak, waarmee de kwantitatieve bepaling van de fosfor mogelijk is, vergeleken met een chemische of andere analyse. Tenslotte is een belangrijk feit bij de toepassing van een radioactief isotoop, dat men dit zoo gemakkelijk te midden van een andere of een chemisch identieke stof kan localiseeren en de verdeeling er van kan vaststellen; men denke aan de radiogrammen in fig. 1 en 2.

Toepassingen van radioactieve isotopen, waarbij het begonnen is om de zoojuist geschetste voordeelen van grootere gevoeligheid en gemakkelijker werken, terwijl principieel ook andere methoden het antwoord op de gestelde vragen zouden kunnen leveren, duidt men wel eens aan als „oneigenlijke" toepassingen der indicatorenmethode In dergelijke gevallen doet soms de aard van het isotoop er niets toe. Om een radiogram van de korrelgrenzen in een polykristallijn materiaal te verkrijgen, zou eventueel ook een radioactief isotoop van een ander metaal dan lood kunnen worden genomen, mits het maar niet in het moedermetaal oplost. Gansch anders bij de „eigenlijke" indicatortoepassingen, waarbij het essentieel is, dat een isotoop in een identiek milieu kan worden nagespeurd.

In dit verband dient nog even de aandacht te worden gevestigd op het feit, dat de indicatorenmethode ook met niet-radioactieve isotopen kan worden toegepast. De atomen hiervan zijn herkenbaar (gemerkt) door hun afwijkend atoomgewicht en de daarmee samenhangende eigenschappen als soortelijk gewicht, diffusiesnelheid, warmtegeleidingsvermogen, enz. De belangrijkste in aanmerking komende atomen zijn de „zware waterstof" (deuterium) met atoomgewicht 2 (afgerond), het zuurstofisotoop met atoomgewicht 18 en het stikstofisotoop met atoomgewicht 15. De radioactiviteitsmeting van isotopenmengsels wordt bij zulke stabiele isotopen vervangen door dichtheidsmetingen of dergelijke. Deze metingen zijn minder gemakkelijk dan de radioactiviteitsmeting en ook lang niet zoo gevoelig. Bij stabiele isotopen is er dan ook geen sprake van „oneigenlijke" indicatortoepassingen. Aanleiding voor hun toepassing is uitsluitend de mogelijkheid om uitwisselingsprocessen te bestudeeren, althans indien hiervoor geen geschikte radioactieve isotopen te vinden zijn.

In verband met het groote aantal toepassingen der indicatorenmethode (eigenlijke en oneigenlijke) is het langzamerhand ondoenlijk en zinledig geworden om een overzicht van deze toepassingen te willen geven, zelfs al beperkt men zich tot een bepaald gebied. Wij zullen dit dan ook niet trachten te doen, maar willen in hetgeen volgt alleen eenige opmerkingen maken over de oorsprong der methode en dan nog een aantal geschikt gekozen voorbeelden laten volgen, een en ander met de bedoeling om de mogelijkheden der methode nog van verschillende zijden te belichten. In een volgend artikel zullen wij nader ingaan op de practische uitvoering van onderzoekingen met radioactieve en ook stabiele isotopen. Wat deze practische uitvoering betreft, zij er hier alleen op gewezen, dat men om de methode te kunnen toepassen, de radioactieve (of stabiele) isotopen niet zelf behoeft te maken, maar deze van bepaalde hiervoor ingerichte laboratoria kan be-

---

[5]) J. R. Loofbourow, Rev. mod. Phys. **12**, 267, 1940.

[6]) Zie bijvoorbeeld het overzichtsartikel over chemische toepassingen door G. Seaborg, Chem. Rev. **27**, 199, 1940, waar zelfs ruim 500 publicaties, grootendeels andere dan in het artikel van Loofbourow, zijn aangehaald.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

trekken. In Europa heeft o.a. ook het Philips-Laboratorium te Eindhoven reeds tot een reeks toepassingen bijgedragen door levering van geschikte radioactieve stoffen.

Oorsprong der methode

De initiator van de indicatorenmethode is Hevesy geweest, die het eerst de mogelijkheid opmerkte om hiermee uitwisselingsprocessen te bestudeeren en die dit inzicht dadelijk in practijk bracht (in 1915). O.a. maakte hij er gebruik van om de theorie van Arrhenius omtrent de dissociatie van electrolyten te toetsen. Zijn proef kwam op het volgende neer. Men bereidt uit een zekere hoeveelheid normaal lood een loodzout, bijv. loodchloride, en uit een overeenkomstige hoeveelheid van het radioactieve loodisotoop, dat als een ontledingsproduct uit radium ontstaat, een ander zout, bijv. loodnitraat. Lost men nu de beide zouten in water op, mengt de oplossingen en scheidt daarna uit het mengsel weer beide zouten afzonderlijk af, dan blijken beide loodverbindingen even sterk radioactief te zijn geworden. De loodatomen uit de twee zouten moeten zich dus in de oplossing volledig hebben vermengd. Deze uitkomst strookte geheel met de hypothese, dat de loodverbindingen in de oplossing gedissocieerd zijn, dwz. dat hierin lood in de vorm van vrije ionen optreedt.

Wij zeiden zoojuist, dat het ééne zout werd bereid uit normaal lood, het andere uit het radioactieve loodisotoop. Om de proef op deze wijze te kunnen uitvoeren, zou men dus een preparaat van het zuivere radioactieve loodisotoop ter beschikking moeten hebben. In werkelijkheid is dit echter niet noodig. Het is voldoende, als het eene loodpreparaat maar een kleine hoeveelheid van het radioactieve isotoop bevat. Reeds Hevesy heeft van meet af aan volgens dit inzicht gewerkt, zooals duidelijk wordt uit het curieuze verhaal van de wijze waarop hij tot dit gebruik der isotopen kwam. Hij had tevergeefs gepoogd uit een hoeveelheid lood, die een weinig radium-D bevatte, dit laatste af te scheiden. Daar radium-D een isotoop van lood is (het vermelde radioactieve isotoop uit de radiumreeks; de naam stamt uit de tijd, toen men nog geen duidelijke voorstelling van de situatie had), kan inderdaad, zooals wij nu weten, een scheiding met normale chemische methoden niet gelukken. Juist deze mislukking deed Hevesy opmerken, dat hij het lood uit dit loodpreparaat, „verontreinigd" door het radium-D, te allen tijde zou kunnen onderscheiden van lood uit een normaal loodpreparaat: bij alle vermenging met normaal lood sleept immers elke fractie van het „verontreinigde" (radioactieve) loodpreparaat een gelijke fractie van de oorspronkelijke radioactiviteit mee en kan dus door meting van de radioactiviteit kwantitatief te midden van het andere lood worden bepaald.

Het „verontreinigde" lood is dus door het radioactieve isotoop zelf als het ware geïndiceerd of gemerkt en het geheele preparaat kan, indien er maar een homogene menging is, als een hoeveelheid „gemerkte atomen" dienst doen. Dit is trouwens ook direct in te zien, als men in het oog houdt, dat het radioactief-zijn van een element slechts beteekent, dat per tijdseenheid een zeker percentage der in een monster aanwezige atomen spontaan ontleedt. Zijn in het monster nog een aantal isotope atomen aanwezig die stabiel zijn, dus nooit zullen ontleden, dan maakt dat in eerste instantie alleen, dat het percentage per tijdseenheid ontledende atomen kleiner is, de radioactiviteit is „verdund". Ook bij de eerst besproken voorbeelden kwamen in feite bepaalde verdunningen van radioactieve fosfor resp. kwik te pas, en dit geldt meestal voor kunstmatige radioactieve stoffen, waarbij de mate van „concentratie" der radioactiviteit afhangt van de bereiding er van. In het volgende artikel komen we hierop nog terug.

Hevesy deed met de radioactieve stoffen niet alleen uitwisselingsproeven. Hij begreep ook de beteekenis, welke de radioactiviteitsmetingen door hun groote gemak en gevoeligheid, die we met onze eerste voorbeelden hebben geïllustreerd, ter vervanging van chemische analyses konden hebben, en hij maakte dus ook „oneigenlijke" toepassingen van indicatoren. Toen hij aanleiding meende te hebben de helderheid van zijn hospita te wantrouwen, smeerde hij eens een beetje „vuil", gemerkt met een radioactieve stof, op zijn etensbord. Dagelijks controleerde hij dan of het bord behoorlijk was omgespoeld, door eenvoudig de radioactiviteit te meten die er nog (letterlijk) aan kleefde. Inderdaad kon hij nog vele dagen lang een radioactiviteit van het bord vaststellen. Of dit inderdaad geweten moest worden aan slordigheid der hospita, dan wel op rekening van de enorme gevoeligheid der methode moet worden gesteld, vermeldt de historie niet.

Benaming der methode

Hevesy noemde een voor de beschreven proeven gebruikt radioactief isotoop een indicator, en in navolging van hem spreken wij van indicatorenmethode. In de laatste jaren zijn in de Engelsch sprekende landen de benamingen „tracer method" en „tracer atoms" meer gebruikelijk geworden: de radioactieve isotopen worden als het ware voor het vinden en volgen van een spoor gebruikt. Ook wordt vaak van „labelled" of „tagged atoms" gesproken, wat men door „gemerkte" atomen kan vertalen. De term spreekt voor zichzelf. We noemen ten-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

slotte, om het lijstje volledig te maken, nog de aanduiding dezer atomen als „spies", spionnen, die door Evans[7]) is voorgesteld. Met deze naam wordt er op gedoeld, dat elk atoom van een radioactief isotoop zich onherkend tusschen een menigte, ook van gelijksoortige, atomen kan bewegen, totdat het op een gegeven oogenblik door zijn ontleding „verraadt", dat het er is en wáár het is. De concentratie der „spionnen" ligt bij de proeven gewoonlijk tusschen 1 op 10^{10} en 1 op 10^{15} normale individuen. Op de menschelijke maatschappij overgebracht, zou hiermee aequivalent zijn, dat er maar één spion was temidden van een bevolking, minstens vijf maal zoo groot als die van de geheele aarde.

Verdere toepassingsvoorbeelden van indicatoren

De thans nog in losse volgorde te bespreken voorbeelden zullen den lezer een beeld geven van de veelsoortigheid der toepassingen. Om er eenige systematiek in te brengen, hebben we de voorbeelden gesorteerd in drie groepen, naar het karakter van de vraagstelling. In de eerste groep interesseert men er zich alleen voor, wáár iets zich bevindt (localisatie); in de tweede groep wordt de vraag gesteld, hoevéél van een stof er is, er overblijft, of aan een proces deelneemt (kwantitatieve vragen); in de derde groep betreft het speciaal uitwisselingsprocessen. Laten wij meteen er bij zeggen, dat de grenzen tusschen de groepen vaak niet scherp zijn aan te geven. Bij de localisatieproblemen heeft men klaarblijkelijk steeds te maken met „oneigenlijke" indicatortoepassingen, evenzoo doorgaans bij de tweede groep (kwantitatieve vragen), terwijl de laatste groep alleen „eigenlijke" gevallen bevat.

Localisatie

Een zeer oud voorbeeld is het opsporen van radiumpreparaten, die in ziekenhuizen door slordigheid of diefstal zijn weggeraakt. Hiervoor tast men met een electronenteller de plaatsen af waar het preparaat eventueel terecht gekomen zou kunnen zijn, bijv. de vuilnisbelt. Een moderner geval is het opsporen van verstoppingen in een olie-pijpleiding. Voor het periodiek reinigen van de pijpwanden wordt een schroefvormige schraper in de leiding geplaatst, die door de oliedruk zelf wordt voortgestuwd. Komt de schraper ergens vast te zitten, dan moet zoo spoedig mogelijk uitgemaakt kunnen worden, wáár hij is blijven steken, teneinde de leiding daar ter plaatse te openen en het opgehoopte vuil te verwijderen. Met behulp van een radioactieve indicator gaat dat localiseeren verbluffend eenvoudig. Men gebruikt een schraper die een weinig radioactief metaal bevat, dat een γ-straling uitzendt, welke gemakkelijk door de wanden van de pijp naar buiten dringt en met een eenigszins gewijzigde „electronenteller" kan worden aangetoond. Men rijdt met een telapparaat langs de leiding en constateert de verblijfplaats van de schraper direct door de radioactiviteit die men waarneemt als men in zijn buurt komt.

Geheel analoog hiermee is het gebruik in de petroleumindustrie om vast te stellen, waar zich het cement afzet, dat achter de bekleeding van een boorput wordt gepompt. Hiertoe mengt men carnotiet, een radioactief mineraal, door het cement. Laat men een telapparaat in de put zakken, dan geeft dit, ter hoogte van het cement gekomen, een sterke straling aan.

Uiterst dunne scheurtjes in metaaloppervlakken kan men op elegante wijze aantoonen en localiseeren, door een vette pasta, die een radioactieve stof bevat, onder hooge druk op het metaal te persen. Daarna wordt het oppervlak gereinigd, waarbij echter de radioactieve pasta in de scheurtjes blijft zitten. Door een auto-radiogram van het oppervlak krijgt men dan de scheurtjes zeer fraai te zien.

Kwantitatieve vragen

Om het nuttig effect van een nevel-, rook- of stoffilter te bepalen, moet men de zeer kleine hoeveelheden van nevelvormende of andere stoffen meten, die in zulk een filter worden vastgehouden. Men heeft nu als nevelvormende stof trikresylfosfaat gebruikt, dat radioactieve fosfor bevat. Liet men dit achtereenvolgens door eenige filters heen strijken, dan kon men het nuttig effect beoordeelen door de sterkte der activiteit te vergelijken die in de opeenvolgende filters werd vastgehouden.

Radioactieve isotopen zijn soms een uitstekend hulpmiddel om zeer kleine oplosbaarheden of zeer geringe dampdrukken te meten. De dampdruk van thoriumacetyl-acetonaat bijv. heeft men bepaald door deze verbinding met een sterk radioactief thoriumisotoop te bereiden, een bepaald volume stikstof met de damp van deze verbinding te verzadigen en vervolgens het gas door aangezuurde alcohol te leiden, waarin de verbinding werd geabsorbeerd. Uit de radioactiviteit van de vloeistof kan dan de thoriumconcentratie en daaruit de hoeveelheid damp in het gegeven volume stikstof worden berekend.

Algemeen kan men zeggen, dat de radioactieve isotopen belangrijke diensten bewijzen in de microchemie, d.i. het chemisch onderzoek van

[7]) R. D. Evans, Applied Nuclear Physics, J. appl. Phys. **12**, 260, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

uiterst geringe hoeveelheden stof, zooals het zich bijv. voordoet bij adsorptieverschijnselen, bij zeer verdunde oplossingen, enz. Interessant is ook, dat de radioactiviteit het onderzoek van de chemische eigenschappen der elementen „43" en „85" en van enkele „transuranen" mogelijk heeft gemaakt, welke elementen men in de natuur niet heeft kunnen vinden, maar waarvan men wel, in onweegbaar kleine hoeveelheden, kunstmatig radioactieve isotopen heeft kunnen bereiden.

Belangrijke perspectieven opent de toepassing van radioactieve indicatoren voor de chemische analyses, die op tallooze plaatsen in de techniek als dagelijksch routinewerk worden uitgevoerd. Een voorbeeld uit vele: men wil het broomgehalte in een mengsel van een bromide en een chloride bepalen. Een volledige scheiding der twee verbindingen is zeer moeilijk en tijdroovend. Voegt men echter aan het mengsel een weinig radioactief broom toe (in de vorm van de desbetreffende verbinding), dan is een gedeeltelijke afscheiding van het broom reeds voldoende. Immers, wegens de homogene menging weet men, dat de verhouding tusschen de afgescheiden en de totale hoeveelheid broom gelijk is aan de verhouding tusschen de afgescheiden radioactiviteit en de oorspronkelijke radioactiviteit. Daar men dit percentage heel gemakkelijk bepaalt, kan men uit de afgescheiden hoeveelheid broom direct het gevraagde totale gehalte aan broom berekenen.

Een toepassing in de biologie, die eenigszins hierop lijkt, is het bepalen van de totale hoeveelheid bloed die een dier bezit. Na het aftappen van een zekere hoeveelheid bloed treedt onvermijdelijk de dood in, waardoor het volledig aftappen van de totale hoeveelheid niet gelukt. Spuit men echter een proefdier intraveneus met een oplossing in van een of andere stof die een bekende hoeveelheid radioactieve atomen bevat, dan kan men volstaan met na eenige tijd, als de oplossing homogeen in de geheele bloedbaan verdeeld is, een weinig bloed af te tappen. Uit het percentage der ingebrachte hoeveelheid radioactieve atomen, dat men in dit bloedmonster terugvindt, kan men de totale hoeveelheid bloed berekenen. (Natuurlijk mag geen noemenswaardig gedeelte van de ingespoten stof uit het bloed naar andere lichaamsdeelen overgegaan zijn.)

Het feit, dat men practisch niet in het normale leven van het proefdier behoeft in te grijpen, is voor vele onderzoekingen, speciaal van pharmacodynamische aard, van belang. We vermelden hier een onderzoek omtrent de snelheid van de opneming van insuline, dat bij lijders aan suikerziekte periodiek onder de huid wordt ingespoten. Het is vaak gewenscht het aantal inspuitingen te beperken en hiervoor is het gunstig, als het insuline betrekkelijk lang op de injectieplaats als het ware in voorraad wordt gehouden en slechts langzaam in de circulatie wordt opgenomen. Door bij drie verschillende soorten insuline, nl. het „gewone" insuline, globine-insuline en protamine-zinkinsuline een radioactief atoom in te bouwen (radioactief jodium) en de daling met de tijd van de radioactiviteit op de injectieplaats na te gaan, heeft men kunnen vaststellen, dat de snelheid van opneming der drie insulinepreparaten in het lichaam in de aangegeven volgorde afneemt.

Uitwisselingsprocessen

Hoewel ook in de chemie en techniek talrijke processen een rol spelen waarbij een uitwisseling van identieke deeltjes voorkomt — we wijzen slechts op de zg. zelfdiffusie, bijv. het diffundeeren van loodatomen in lood —, is toch het terrein bij uitstek van dergelijke uitwisselingen de physiologie. Een der frappantste voorbeelden is de voortdurende uitwisseling der bouwsteenen van het dierlijk lichaam. Uitvoerig is dit nagegaan voor fosfor in de vorm van verschillende verbindingen, met behulp van de voor zulke proeven zeer geschikte radioactieve fosfor. Vooral Hevesy heeft in deze onderzoekingen een groot aandeel gehad. Vastgesteld werd, dat fosfor in geen enkel lichaamsbestanddeel duurzaam gebonden blijft. Het vlugst gaat de uitwisseling tusschen het bloed en diverse organen: van de op een bepaald tijdstip in het bloed aan-

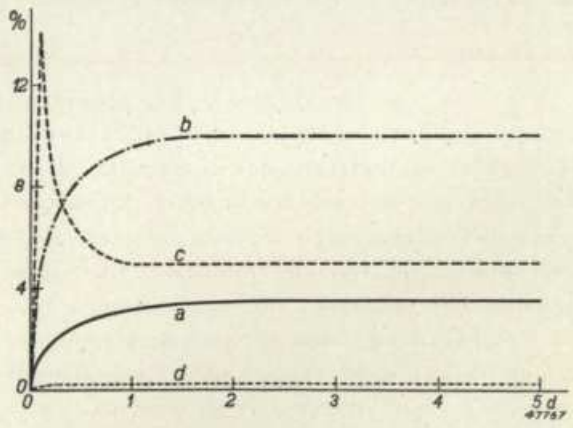


Fig. 3. De opneming van jodium in de schildklier. Op de abscis het verstreken aantal dagen na toediening van een bekende extra hoeveelheid jodium in het voedsel, op de ordinaat het percentage van deze hoeveelheid, dat men in de schildklier aantreft, gemeten door het gebruik van radioactief jodium.
a) Voor gezonde proefpersonen,
b) bij goedaardig struma,
c) bij ziekte van Basedow,
d) bij gebrekkige werking der schildklier (myxoedeem).
(Uit: J. G. Hamilton, The Applications of Radioactive Tracers to Biology and Medicine, J. appl. Phys. **12**, 440-460, 1941.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

wezige fosfaationen vindt men na twee uren nog slechts 2% hierin terug, de rest is uitgewisseld. Ook in de lever en de nieren heeft men een snelle vernieuwing, maar eveneens in de beenderen en zelfs in de hersenen wordt de fosfor mettertijd vernieuwd, zij het in een veel langzamer tempo. Het deel van ons lichaam, dat het minst aan de voortdurende uitwisseling deelneemt, is het gebit: van de fosfor in het tandemail is na 250 dagen slechts 1% vernieuwd.

In sommige gevallen moeten we niet zoozeer spreken van een uitwisseling, maar van een selectieve opneming van stoffen door bepaalde lichaamsbestanddeelen, waar nl. de uitwisseling een batig saldo voor dat lichaamsdeel oplevert. Een sprekend voorbeeld is de opneming van jodium in de schildklier. Met behulp van een radioactief jodium-isotoop heeft men kunnen vaststellen, dat van een in het voedsel toegediende extra hoeveelheid jodium een gezond mensch na 1 of 2 dagen ca 3% in de schildklier heeft opgestapeld, een strumalijder echter een aanzienlijk hooger percentage; zie *fig. 3*. In bepaalde gevallen van schildklierkanker bleek het radioactieve jodium zich niet in het kankerweefsel maar in het gezonde weefsel op te hoopen. (Men ziet, dat we hier tot de vraagstellingen van het hoofdstuk „localisatie" terug komen.)

Iets dergelijks geldt voor het probleem van de opneming van radioactief strontium in het bloed en in de beenderen. Men heeft niet alleen kunnen vaststellen, hoe dit proces bijv. door rachitis geremd en dan door toediening van vitamine-D bevorderd wordt, en hoe het door de ziekte van Basedow zelfs in tegengestelde richting wordt geleid, maar men heeft ook weer de fijnere verdeeling van het opgenomen strontium kunnen nagaan: het strontium bleek zich op te hoopen in het harde beenweefsel, en in het geval van beenkanker toonde het juist een voorkeur voor het kankerweefsel en eventueele metastasen (uitzaaiingen) daarvan. Hoewel we daarmee van ons onderwerp afdwalen, zij er hier toch op gewezen, dat dit laatste geval niet alleen diagnostisch maar ook therapeutisch voor den medicus van waarde kan zijn. Immers, bij een voldoende concentratie heeft de straling van een radioactief atoomsoort een destructieve werking op het kankerweefsel. Wordt de stralende stof juist selectief door de kankercellen aangetrokken, zooals strontium door beenkanker, dan kan dit eventueel als basis voor een zeer doeltreffende therapeutische behandeling dienen. (Anderzijds geldt als algemeene regel voor physiologische toepassingen van radioactieve isotopen als indicatoren, dat men de destructieve werking der straling juist moet vermijden door de concentraties der radioactieve isotopen voldoende klein te houden. Hierop zal in het volgende artikel nog worden teruggekomen.)

Bij deze voorbeelden willen wij het laten. Het zullen er wel voldoende zijn om den lezer een indruk te geven van het machtige hulpmiddel voor research en routine-onderzoek, dat men met de indicatorenmethode in handen heeft gekregen en waarvoor op steeds meer en ruimere gebieden toepassingen blijken te bestaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

INBRANDING EN LASCHSNELHEID BIJ HET CONTACT-BOOGLASSCHEN

door P. C. van der WILLIGEN.

621.791.753.41

In een vorig artikel is beschreven wat het contact-booglasschen is, hoe de laschstaven er voor geconstrueerd zijn, en wat men er mee doen kan. Thans geven wij een beschrijving van eenige belangrijke laschtechnische en economische voordeelen die dank zij de nieuwe constructie der laschstaven verkregen zijn. De vorm der inbranding is afwijkend van de normale, namelijk dieper in het midden en minder diep aan de kanten, hetgeen een gunstige hoekinbranding geeft en de inkarteling voorkomt. Voorts is de laschsnelheid, d.i. de hoeveelheid neergesmolten metaal per seconde, grooter.

Onlangs werd een nieuwe laschmethode beschreven [1][2], het zg. „contact-booglasschen", waarbij men de laschstaaf van het begin af aan op het werkstuk kan laten rusten, terwijl bovendien de bekleeding tijdens het lasschen voortdurend electrisch daarmee in contact blijft. Deze nieuwe methode was het resultaat van een onderzoek, waarvan het doel o.a. was, het sleepend lasschen gemakkelijker en universeeler te maken. Met de „contact-laschstaven" is het sleepend lasschen inderdaad gemakkelijk uitvoerbaar, zonder dat men het lastige „vastvriezen" behoeft te vreezen. Dit is te danken aan het feit, dat de bekleeding der laschstaven zeer dik wordt gemaakt, en wel door een groot deel van het metaal van de kerndraad naar de bekleeding over te brengen. De bekleeding wordt hierdoor tevens eenigszins geleidend en dit geleidingsvermogen is zoodanig te regelen dat de laschstaaf zelfstartend wordt; dit maakt het „aantikken" overbodig en voorkomt het dooven bij het lasschen met wisselstroom.

Het doel dat wij ons gesteld hadden bij de aanvang van het onderzoek was hiermede bereikt. Vaak komt het echter bij researchwerk voor, dat men na het bereiken van een bepaald doel tot de conclusie komt dat er aan de gevonden oplossing bepaalde bijkomstige nadeelen verbonden zijn, die de invoering ervan beletten. Het omgekeerde was bij de ontwikkeling van het contact-booglasschen het geval: hier kwamen juist een aantal bijkomende voordeelen voor den dag, terwijl bijkomende nadeelen van weinig belang en gemakkelijk te ondervangen bleken. Het een en ander willen wij in dit artikel aan het voorbeeld van de laschstaaf Contact 15 nader bespreken. Hetgeen wij zullen zeggen, geldt echter kwalitatief voor alle typen contactlaschstaven. Behalve de laschstaaf Contact 15 zijn er nl. nog twee andere typen ontwikkeld, Contact 18 en Contact 20, die in de practijk niet minder belangrijk bleken te zijn dan het eerstgenoemde type. Wij willen eerst hieronder enkele kenmerken van de drie typen contact-laschstaven kort resumeeren [3].

De verschillende typen contact-laschstaven

De contact-laschstaven Contact 15, 18 en 20 zijn ontwikkeld, uitgaande van de gewone laschstaven Ph 55, 48 resp. 50, die — zooals men weet — hoofdzakelijk in de samenstelling der bekleeding verschillen. De eigenschappen en toepassingsgebieden van de verschillende typen contact-laschstaven zijn dus voor een groot deel bepaald door die van de correspondeerende gewone laschstaven. Hier komen dan natuurlijk de specifieke eigenschappen bij, die met de nieuwe methode van lasschen samenhangen.

Zoo heeft bijv. Contact 15 met Ph 55 gemeen de hooge kerftaaiheid [4]) en de ongevoeligheid voor het zwavelgehalte van het te lasschen werkstuk [5]). Contact-booglasschen kan met Contact 15 in alle posities worden uitgevoerd, behalve in de verticale positie, waar de vrije boog gebruikt moet worden [6]).

Daarom is een laschstaaf, nl. Contact 18, speciaal ontwikkeld voor verticaal neergaand contact-booglasschen. Hiertoe is als uitgangspunt de laschstaaf Ph 48 gekozen, omdat deze in het bijzonder zeer geschikt is voor verticaal neergaand lasschen. Contact 18 leent zich overigens ook goed voor het lasschen in andere posities [7]). Bovendien geeft hij bijzonder gunstige resultaten bij het lasschen onder

[1]) Philips techn. T. **8**, 161, 1946.
[2]) The Welding Journal, Mei 1946.

[3]) Contact 15 en Contact 18 zijn reeds in het in noot [1]) aangehaalde artikel ter sprake gekomen.
[4]) Zie Philips techn. T. **6**, 97, 1941.
[5]) Zie Philips techn. T. **7**, 91, 1942.
[6]) Waarom dat zoo is, is in het in noot [1]) aangehaalde artikel (p. 166) uiteengezet.
[7]) Zooals in het in noot [1]) aangehaalde artikel werd vermeld, is het in speciale gevallen gunstiger, Contact 15 met de vrije boog te verlasschen; ditzelfde geldt ook voor Contact 18.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

water. Daarbij komen de voordeelen van contact-booglasschen, nl. sleepen en zelfstarten, in hooge mate tot hun recht: immers de lasscher kan onder water maar heel weinig zien, vooral tijdens het lasschen zelf wegens de troebeling die in het water rondom de boog ontstaat.

Contact 20 is een laschstaaf, die uitsluitend voor het contact-booglasschen „onder de hand" is ontwikkeld. Van het type Ph 50, dat hier als uitgangspunt voor de ontwikkeling diende, is bekend, dat zijn laschsnelheid, dwz. de hoeveelheid neergesmolten metaal per tijdseenheid, bijzonder groot is. Daar de grootere laschsnelheid — zooals wij zullen zien — kenmerkend is voor alle typen contact-laschstaven, zal het duidelijk zijn dat Contact 20 bij uitstek snel is, daar hij ontwikkeld is uit het reeds snelle type Ph 50. Dit is dan ook het belangrijkste kenmerk van het jongste der verschillende typen contact-laschstaven.

Vorm der inbranding

Een kwestie, die bij het lasschen bijzondere aandacht verdient, is de vorm van de zg. inbranding. Hieronder verstaat men dat gedeelte van het werkstuk, dat tijdens het laschproces gesmolten is geweest. Indien men een laschrups legt op een vlakke plaat, heeft de inbranding ongeveer de vorm van een cirkelsegment, zooals in *fig. 1a* voor een normaal bekleede laschstaaf schematisch is weergegeven.

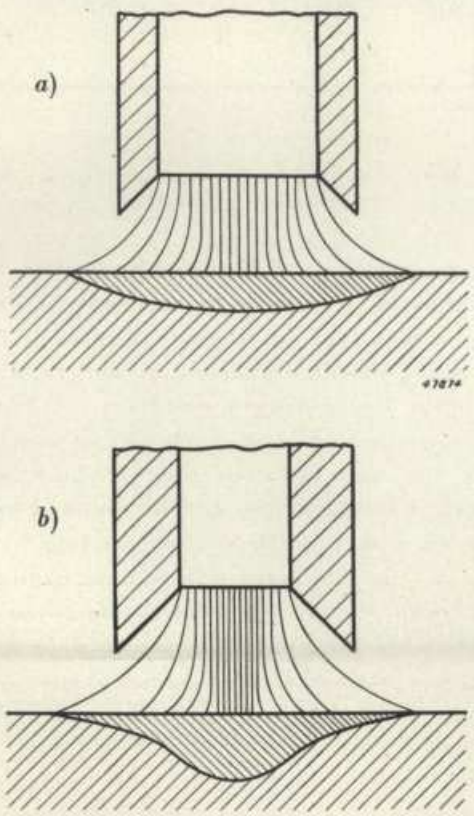


Fig. 1. De vorm der inbranding: *a*) in het geval van een gewone laschstaaf en *b*) in het geval van een contact-laschstaaf. De inbranding is door dicht gearceerde gedeelten van de figuur voorgesteld (eenvoudigheidshalve is de laschrups niet geteekend). In de figuur is ook schematisch aangegeven, dat bij de contact-staven de boog geconcentreerder is dan bij de gewone laschstaven, tengevolge waarvan de afwijkende vorm der inbranding ontstaat.

Reeds bij de eerste proeven met de dikke contact-laschstaven bleek echter, dat de vorm der inbranding aanzienlijk van de normale vorm afwijkt: de inbranding is hier in het midden dieper, aan de kanten minder diep dan gewoonlijk; vgl. fig. 1*b*. Deze afwijkende vorm van de inbranding is een eigenschap van alle contact-laschstaven.

De verklaring van deze vorm der inbranding is niet moeilijk te vinden, wanneer men in aanmerking neemt dat de boog uitsluitend op de kerndraad brandt; daar deze bij contact-staven een relatief klein oppervlak beslaat, is de boog meer geconcentreerd dan bij normale laschstaven waar de kerndraad een relatief groot oppervlak beslaat (zie fig. 1*a* en 1*b*). De spuitende werking van de laschboog, die het gevolg is van de krachten die op de afgesmolten druppels werken [8]) en die bijv. het boven het hoofd lasschen mogelijk maakt, zal dus bij de contact-laschstaven ook meer in het centrum geconcentreerd zijn. Daarbij komt nog, dat de langere kelk van de contact-staaf de druppel méér gericht houdt, wat dan ook in het minder spatten tot uiting komt.

Voor de verklaring van de diepe inbranding in het midden is ook het feit belangrijk, dat de boogspanningen van de dikkere contact-staven aanzienlijk hooger zijn dan van de overeenkomstige, dwz. even veel metaal bevattende, normaal bekleede staven. Het is nl. een bekend feit, dat laschstaven die een hooge boogspanning hebben een diepe inbranding geven (zooals het „high-organic" type, dat in U.S.A. veel gebruikt wordt).

De relatief kleine inbranding aan de beide kanten is nu, na het bovenstaande, wel duidelijk: de boog brandt hier slechts min of meer zijdelings op.

De bijzondere vorm der inbranding bij de contact-laschstaven is in zeer vele gevallen van het grootste belang, en wel om de volgende redenen.

In de eerste plaats maakt de diepe inbranding in het midden dat men bij V-lasschen (en vanzelfsprekend bij liggende hoeklasschen) reeds de eerste laag met een dikke contact-laschstaaf kan leggen, bijv. direct met een contact-laschstaaf

[8]) Zie J. Sack, Philips techn. T. 4, 9, 1939, en The Welding Industry, Juli 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

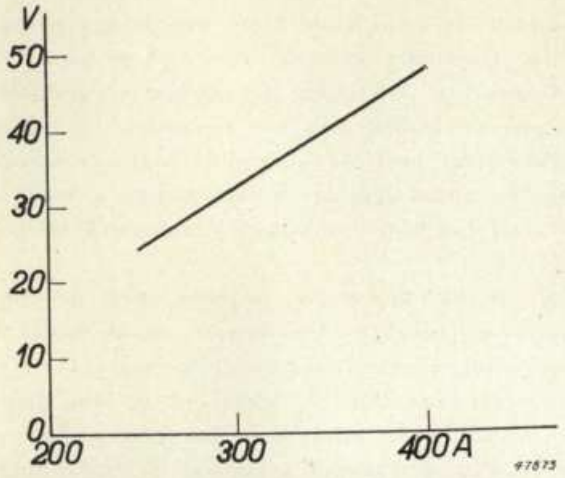
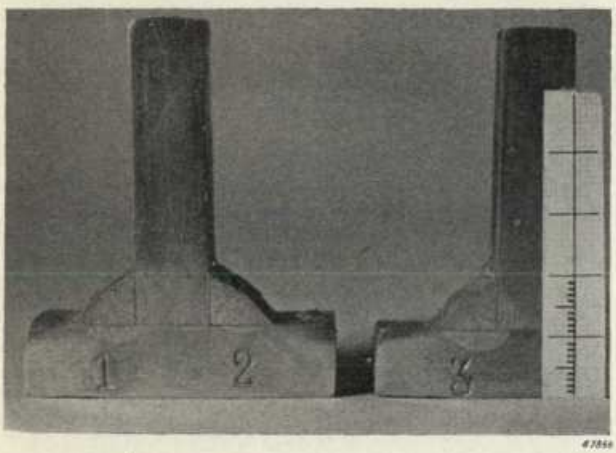


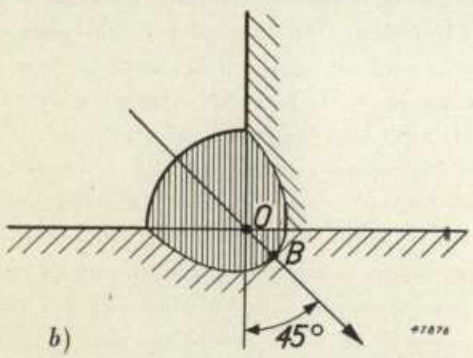
Fig. 2. Verband tusschen boogspanning en stroomsterkte voor Contact 15-5.

waarvan de kerndraaddiameter 5 of 6 mm is. Het leggen van een eerste laag met een laschstaaf die een dunne diameter heeft wordt hierdoor overbodig. Dit geeft dus minder lagen, waardoor een besparing aan laschtijd en andere voordeelen worden verkregen (vgl. wat hieronder over de krimp wordt gezegd).

Hier dient opgemerkt, dat bij Contact 15 met een gegeven diameter de boogspanning sterk afhankelijk is van de gebruikte stroomsterkte: bij groote stroomsterkte is de boogspanning het hoogst. *Fig. 2* geeft het verband tusschen boogspanning en stroomsterkte bij Contact 15-5. (Het getal 5 geeft de diameter van de kerndraad, in mm uitgedrukt.) Zooals te verwachten was, blijkt ook de inbranding sterk af te hangen van de stroomsterkte [9]). Wanneer men een liggende hoeklasch („in het gootje") met twee strippen van 12 mm dikte maakt, achtereenvolgens bij verschillende stroomsterkte, en aan de doorsneden (vgl. *fig. 3*) de diepte van de inbranding, de zg. hoekinbranding (zie onderschrift van fig. 3) meet, dan wordt een resultaat verkregen dat in *fig. 4* grafisch is weergegeven. Een soortgelijke grafiek zou men bijv. ook voor V-naden kunnen teekenen. Kwalitatief zou dan het verband tusschen de stroomsterkte en de hoekinbranding hetzelfde blijken te zijn. Derhalve is het duidelijk dat bijv. in een open V-naad met onderlegstrip (zie *fig. 5*) bij toepassing van Contact 15-6 voor de eerste laag een groote stroomsterkte gebruikt moet worden teneinde tot onderin de naad een inbranding te verkrijgen.



a)



b)

Fig. 3. *a*) Op deze doorsneden van liggende hoeklasschen ziet men duidelijk dat de diepte van de inbranding van de stroomsterkte afhangt: de stroomsterkten bij de afgebeelde gevallen 1, 2 en 3 bedroegen resp. 375, 300 en 440 A; de eenheid van de schaal beantwoordt aan 1 cm.

b) De sterkte van de lasch wordt in belangrijke mate bepaald door de zg. hoekinbranding, die als de afstand *OB* wordt gedefinieerd. De hoekinbranding wordt positief gerekend in de door de pijl aangegeven richting. Een negatieve hoekinbranding beteekent, dat in de hoek onder de laschrups een kanaaltje open blijft.

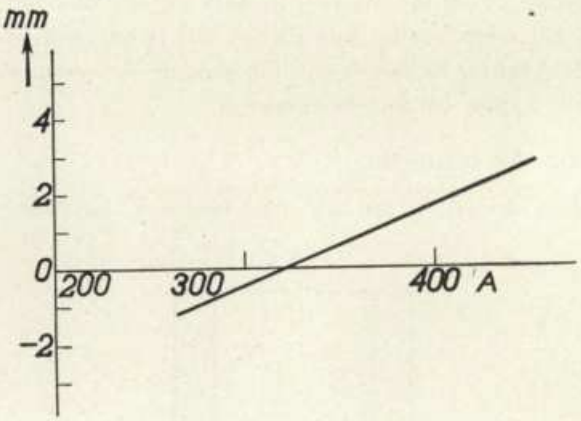


Fig. 4. Het uit fig. 3 gevonden verband tusschen de hoekinbranding en de gebruikte stroomsterkte bij Contact 15-5.

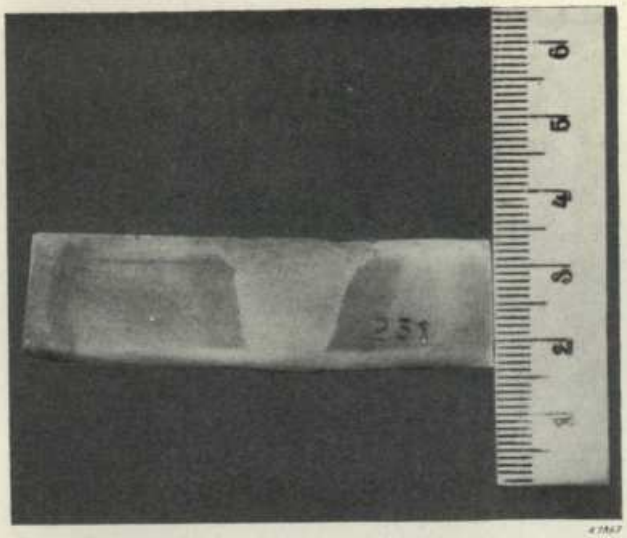
In de tweede plaats maakt de geringe inbranding aan de kanten, dat zelfs bij toepassing van de dikste contact-staven en de hoogste stroomsterkten geen last van de zg. inkarteling (soms ook „randinbranding" genoemd) wordt

[9]) Bij kleine stroomsterkte, waarbij de boogspanning niet hooger is dan bij Ph 55, zou men zelfs een kleinere inbranding bij Contact 15 kunnen verwachten.

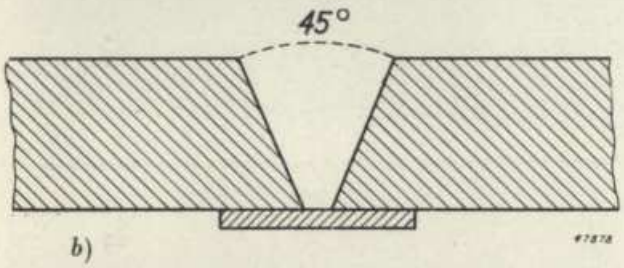
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ondervonden, dwz. van het feit, dat langs de rand van de laschrups het oorspronkelijke materiaal is weggebrand. Het is bekend dat de inkarteling een



a)



b)

Fig. 5. *a*) Doorsnede van een open V-lasch, uitgevoerd in twee lagen tusschen twee platen van 17 mm dikte. Voor de eerste laag werd Contact 15-6 gebruikt met 520 A wisselstroom, voor de tweede laag Contact 15-6 met 490 A. De onderlegstrip is na het lasschen verwijderd.
b) Schematische voorstelling van de open V-lasch die op de foto (zie *a*) is voorgesteld; de openingshoek bedroeg 45° en de vooropening — dwz. de kleinste afstand tusschen de twee te lasschen platen — 4 mm.

der moeilijkheden is, waarmee men bij de tot dusver gebruikelijke laschstaven bij hooge stroomsterkten heeft te kampen: door de inkarteling wordt immers de sterkte van de gelaschte constructie verminderd.

Fig. 6 toont liggende hoeklasschen, gemaakt met Ph 55-7 (Nr 59) en met Contact 15-5 (Nr 76), beide gelascht met wisselstroom van resp. 375 A, 30 volt en 375 A, 42 volt. Duidelijk is de inkarteling bij Nr 59 (o.a. onder het cijfer 9) te zien. *Fig. 7* toont twee doorsneden, uit deze lasschen genomen; de hoekinbranding is bij Contact 15-5 (Nr 76 d) ongeveer 1,5 mm dieper dan bij Ph 55-7 (Nr 59 b).

Beide punten samenvattende kan men vaststellen, dat de vorm der inbranding, zooals die in het bijzonder bij de dikkere contact-laschstaven gevonden wordt, belangrijke laschtechnische voordeelen biedt ten opzichte van de vorm der inbranding van de normaal bekleede laschstaven.

De laschsnelheid

Boven is reeds ter sprake gekomen, dat de boogspanning van contact-laschstaven, vooral bij die van 5 mm dikte en meer, aanzienlijk hooger ligt dan van de overeenkomstige normale laschstaven. Voorts is in de loop van het onderzoek gebleken, dat het warmterendement der contact-staven — dwz. de hoeveelheid voor het smelten van metaal besteede warmte, gedeeld door de totale toegevoerde warmte — hooger is. Dit is te danken aan de lange kelk, die de boog voor een grooter deel omhult dan bij de met vrije boog verlaschte normale laschstaven. Hierdoor wordt de warmte van de boog beter benut, en wordt de in de ruimte verloren straling van de boog verminderd.

Het gevolg van beide genoemde feiten is, dat de laschsnelheid bij de contact-laschstaven aanzienlijk grooter is.

Als gemiddelde van een groot aantal bepalingen werd bijv. gevonden, dat Contact 15-5 ongeveer 50% sneller is dan Ph 55-7, hij smelt dus 50 % meer metaal per seconde neer. Deze diameters van beide typen zijn bijzonder geschikt voor vergelijkende proeven, omdat ze even veel ijzer en slakvormende bestanddeelen bevatten en omdat toevallig de maximale stroomsterkte bij beide dezelfde is, namelijk ongeveer 375 A.

Tabel I bevat het gemiddelde der resultaten:

TABEL I

Laschstaaf	Contact 15-5	Ph 55-7
Stroom in ampere	375	375
Boogspanning in volt	42	30
Milligram ijzer per sec	1700	1150
Milligram ijzer per ampereseconde	4,5	3,1

Bij de grootere snelheid van Contact 15, vergeleken met een normaal bekleede Ph 55 van hetzelfde gewicht, voegt zich nog de bij de bespreking van de vorm der inbranding reeds vermelde mogelijkheid om een Contact 15 van grooter gewicht te gebruiken in vele gevallen waar men bij gebruik van normaal bekleede laschstaven een lichtere maat moet toepassen. Ook dit beteekent een grootere laschsnelheid, daar men met een zwaardere laschstaaf meer ijzer per seconde neersmelt. Deze winst in snelheid moet dus in die gevallen nog bij de boven vermelde 50% opgeteld worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Enkele andere bijzonderheden

De krimp

De krimp of vervorming van een gelascht werkstuk kan bij elke constructie onaangenaamheden tengevolge hebben en de bestrijding ervan vereischt veel zorg en vakkennis. Daarom is van veel belang dat bij het lasschen met contact-staven een geringe krimp wordt gevonden. Dit hangt ten nauwste samen met de groote laschsnelheid van deze laschstaven en de gunstige vorm van inbranding, die men ermee verkrijgt. Het is nl. bekend dat de krimp toeneemt naarmate de laschsnelheid afneemt en naarmate de lasch uit meer lagen bestaat. En wij hebben hierboven reeds uiteengezet, dat men bij het lasschen met contact-staven, dank zij de bijzondere vorm van de inbranding, met een kleiner aantal lagen kan volstaan dan in het geval van gewone laschstaven.

Fig. 6. Foto's van liggende hoeklasschen, die resp. zijn vervaardigd met Ph. 55-7 (Nr 59) en met Contact 15-5 (Nr 76); o.a. onder het cijfer 9 is bij Nr 59 de inkarteling te zien, terwijl Nr 76 geen enkele fout vertoont.

Het warm worden der laschstaven

De grootste toelaatbare stroomsterkte voor een laschstaaf wordt in vele gevallen, en wel speciaal bij de dunnere maten [10]), hierdoor gegeven, dat het boveneinde bij het verlasschen van het laatste stuk van de laschstaaf roodheet wordt, hetgeen buiging van de laschstaaf en andere moeilijkheden kan veroorzaken. Daar de kerndraden van de contact-laschstaven aanzienlijk dunner zijn dan van de overeenkomstige normale laschstaven, zou men dus kunnen verwachten, dat de grootste toelaatbare stroomsterkte bij de contact-staven veel lager is dan bij normale staven. In werkelijkheid is de situatie echter geenszins zoo ongunstig. Dank

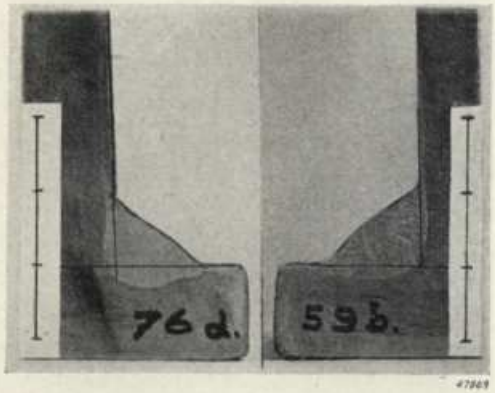


Fig. 7. Doorsneden van de liggende hoeklasschen van fig. 6. Bij 76d, die met Contact 15-5 is uitgevoerd, blijkt de hoekinbranding ongeveer 1,5 mm dieper te zijn. De eenheid van de schaal beantwoordt aan 1 cm.

[10]) Bij dikkere maten wordt de grootste stroomsterkte door andere factoren bepaald, bijv. het gewenschte regelmatige oppervlak van de lasch, dat bij grootere stroomsterkte minder fraai wordt (bol, gegolfd).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zij het feit, dat de bekleeding van de contact-staven dik en geleidend is, voert deze de warmte veel beter af dan de bekleeding van de normale laschstaven, zoodat hierdoor het effect van het dunner-zijn van de kerndraad der contact-staven grootendeels wordt gecompenseerd. Terwijl bij de normale laschstaven het al dan niet aansluiten van de bekleeding aan de houder een ondergeschikte rol speelt, is het bij de contact-staven daarom wel van groot belang, dat de bekleeding steeds zoo goed mogelijk aan de houder aansluit; anders zou het onbekleede eindje bovenaan de laschstaaf veel spoediger roodheet worden dan bij een normale laschstaaf. De houder moet bij voorkeur een behoorlijke warmtecapaciteit en een goed warmtegeleidingsvermogen hebben; de kop van speciale houders voor contact-staven wordt daartoe van koper gemaakt en zoodanig geconstrueerd, dat aan deze eisch wordt voldaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

AUTOMATISCHE OMSCHAKELING OP EEN RESERVETOESTEL IN DE COMMUNICATIETECHNIEK

door G. HEPP.

621.395.365.3

Onderdeelen van een communicatiesysteem, zooals versterkers en oscillatoren, dienen in geval van een storing automatisch en zonder onderbreking door een overeenkomstig reserve-onderdeel vervangen te worden. In het bijzonder is de impulsgenerator, waaruit de draaggolven van een systeem voor draaggolftelefonie afgeleid worden, een object aan welks beveiligingsmaatregelen hooge eischen gesteld moeten worden. Twee door Philips uitgewerkte methoden worden beschreven, waarmee een automatische omschakeling op het reserve-onderdeel verkregen wordt. Deze komt tot stand als de amplitude van het uitgangssignaal onder een bepaalde waarde daalt. Een dezer methoden wordt toegepast in een reeds vroeger in dit tijdschrift beschreven systeem voor draaggolftelefonie. Betreft het laagfrequentie-versterkers, die — in tegenstelling tot oscillatoren — een sterk in amplitude wisselend uitgangssignaal vertoonen, dan wordt een constant hulpsignaal toegevoegd, welks frequentie buiten de band van het te versterken signaal ligt. Het is nu dit hulpsignaal dat bij te geringe intensiteit de overgang op de reserve-versterker bewerkstelligt.

Inleiding

Bij de huidige stand der electrische communicatietechniek — onverschillig of het een „gewone" telefoonverbinding betreft of een met draaggolfsysteem, een kabel- of een radioverbinding — passeert de overgebrachte boodschap talrijke electrische onderdeelen: leidingen, transformatoren, versterkers enz., en de ontwikkeling dezer techniek gaat ongetwijfeld in de richting van grootere gecompliceerdheid van het geheele systeem; men denke slechts aan de meermalen in dit tijdschrift besproken draaggolftelefonie. Met deze grootere ingewikkeldheid stijgt uiteraard de kans op storingen ten gevolge van de nu eenmaal nooit geheel te vermijden defecten. Anderzijds worden juist in de communicatietechniek, terecht, zeer hooge eischen aan de betrouwbaarheid gesteld, eischen die niet alleen dwingen tot uiterst zorgvuldige fabricage, contrôle en onderhoud, maar die bovendien nopen tot maatregelen om de ondanks alles nu en dan voorkomende storingen te beperken tot een zoo kort mogelijke duur — liefst zoo kort dat de met elkaar in verbinding staande personen er niets van merken. Het is dan ook meestal niet voldoende, een alarminrichting aan te brengen om in geval van nood het bedieningspersoneel te waarschuwen. Veelal zal men naast een bepaald onderdeel een reserve-onderdeel moeten aanbrengen, benevens een inrichting waardoor bij optreden van een storing automatisch op deze reserve wordt omgeschakeld. Dit omschakelen moet met zoo min mogelijk extra-onderdeelen bewerkstelligd worden, want deze kunnen zelf ook aan storing onderhevig zijn. Verdere eischen waaraan een dergelijke inrichting moet voldoen, komen aanstonds ter sprake.

Het spreekt van zelf dat het van de belangrijkheid van het onderdeel in kwestie zal afhangen, hoe ver men met de beveiligingsmaatregelen wil gaan. Een typisch voorbeeld van een onderdeel waarbij in geval van storing — indien geen reserve aanwezig ware — talrijke verbindingen gelijktijdig verbroken worden, is de onlangs in dit tijdschrift besproken impulsgenerator, die een draaggolfsysteem van draaggolven voorziet [1]). Het is van essentieel belang dat er een reserve-generator voorhanden is, waarop in een storingsgeval automatisch en zonder onderbreking omgeschakeld wordt, terwijl natuurlijk tevens het personeel gealarmeerd dient te worden. In het bijzonder heeft een dergelijke automatische omschakelinrichting zin bij een apparatuur die opgesteld is op een plaats waar geen bedienend personeel aanwezig is. Met de meeste versterkerstations bijv., die op regelmatige afstanden in een telefoonverbinding zijn aangebracht, is dit het geval.

Wij zullen nu achtereenvolgens eenige eischen bespreken die men aan een dergelijke inrichting moet stellen, en nagaan hoe daaraan te voldoen is. Allereerst zij echter het begrip „storing" nader gepreciseerd en wel als het dalen van de afgegeven spanning onder een zekere grens (bijv. 80% van de nominale waarde). Voorloopig denken we slechts aan onderdeelen die, zooals een generator, bij normaal functionneeren een ongeveer constante spanning afgeven. Aan het slot komen ook onderdeelen ter sprake waarbij dit niet het geval is (bijv. laagfrequentie-versterkers).

Eerste eisch: metastabiliteit

Daalt de afgegeven spanning onder de critieke waarde, dan moet op de reserve-generator omgeschakeld worden, maar stijgt zij later spontaan weer

[1]) Het opwekken van de draaggolven in een installatie voor draaggolftelefonie, Philips techn. T. 8, 141, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

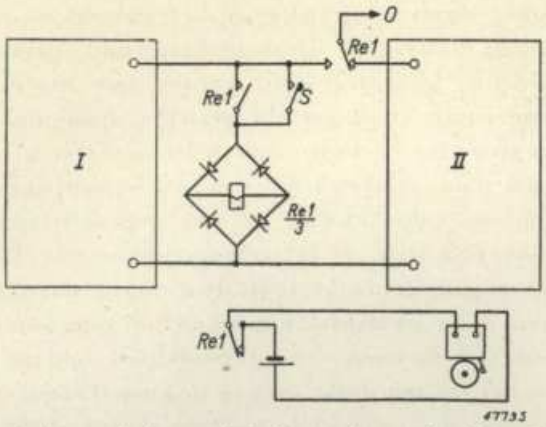


Fig. 1. Automatische omschakeling en alarmeering door middel van een relais, *Re*1/3, (zie noot [2])). Na drukken op de startknop *S* wordt de spoel van het relais bekrachtigd door de gelijkgerichte afgegeven spanning van generator *I*. Dit heeft ten gevolge dat de drie relaiscontacten van de aangegeven naar de andere stand overgaan, zoodat
1) de verbruiker *O* met generator *I* wordt verbonden,
2) de drukknop *S* wordt overbrugd, zoodat na loslaten van *S* de relaisspoel bekrachtigd blijft,
3) de alarminrichting is uitgeschakeld.
Bij uitvallen van generator *I* valt het relais af, waardoor de contacten naar de geteekende stand terugkeeren, zoodat
1) de verbruiker *O* met de reserve-generator *II* wordt verbonden,
2) de drukknop niet langer overbrugd is,
3) het alarm in werking komt.
Herstelt generator *I* zich, dan blijft de laatstbeschreven toestand gehandhaafd (metastabiliteit), tot opnieuw op de knop *S* gedrukt wordt.

tot boven deze grens, dan moet de oorspronkelijke generator toch buiten dienst blijven, tot hij door ingrijpen van het bedieningspersoneel na reparatie weer in bedrijf wordt gesteld. Liet men deze eisch vallen, dan zou een los contact bij ieder sluiten en verbreken ervan omschakeling op de andere generator teweeg brengen, met het daaraan verbonden hinderlijke geklik in de telefoons. Doch niet alleen in een kras geval als een los contact zou zich dit onnoodige omschakelen voordoen: men kan zich voorstellen dat door oud worden der buizen de afgegeven spanning tot in de buurt der critieke waarde gedaald is en door netspanningsschommelingen nu eens er onder, dan weer er boven ligt.

Een schakeling die aan de zooeven geformuleerde eisch voldoet, noemt men metastabiel. *Fig. 1* is er een voorbeeld van, hoe deze met behulp van een relais te verwezenlijken is [2]); in het onderschrift is de werking verduidelijkt.

Verdere eischen

Een tweede eisch is dat de omschakelapparatuur niet te veel energie van de generator mag verbruiken.

Het bekrachtigen van een betrouwbaar werkend relais eischt meer vermogen dan men van de meeste generatoren, en speciaal de bij draaggolftelefonie gebruikelijke, hieraan mag opofferen. Men zou kunnen overwegen aan het relais een versterkerbuis te doen voorafgaan, maar dan dreigt men in conflict te komen met de reeds in de inleiding genoemde eisch dat zoo weinig mogelijk onderdeelen gebruikt mogen worden die zelf defect kunnen raken.

Om aan deze bezwaren te ontgaan werden twee schakelingen ontwikkeld, waarbij een of meer der buizen van de generator mede de functie van gelijkstroomversterker voor het relais vervullen. Zij verschillen hierin dat bij de eene de combinatie van beide generatoren metastabiel is, bij de andere elk der generatoren afzonderlijk. Bij wijze van voorbeeld worden beide schakelingen besproken, toegepast op eenvoudige oscillatoren.

Schakeling waarin de combinatie metastabiel is

Fig. 2 geeft een schakeling waarin de eene oscillator een spanning levert die, gelijkgericht, de andere blokkeert [3]). Slechts één van beide oscillatoren kan hierbij werken; valt deze uit, dan komt automatisch de andere in bedrijf, zonder dat hieraan een relais te pas komt. Wel zal men natuurlijk alarmeeringsrelais toepassen (in fig. 2 niet geteekend).

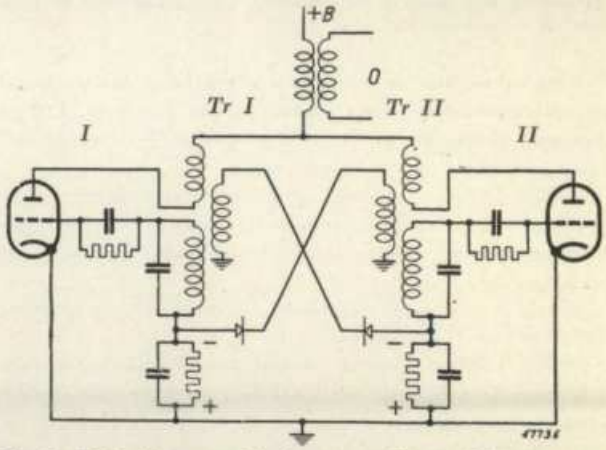


Fig. 2. Schakeling, waarbij de eene oscillator (*I*) in een extraspoel op de transformator *Tr I* een spanning opwekt die, gelijkgericht, de oscillator *II* blokkeert. en omgekeerd. Er is geen relais noodig om de verbruiker *O* om te schakelen. Relais voor alarmeering zijn hier eenvoudigheidshalve weggelaten. Bij + *B* wordt de anodespanning aangesloten.

[2]) In de schema's van dit artikel worden relaisspoelen aangeduid met bijv. *Re* 2/4, waarin het eerste cijfer het volgnummer van het betreffende relais is, en het tweede het aantal contacten ervan aangeeft. Elk relaiscontact is gemerkt met *Re*, gevolgd door het volgnummer van het relais waarbij het contact behoort. — Zooals gebruikelijk, zijn de contacten geteekend in de stand die zij bij stroomlooze spoel innemen.

[3]) U.S. Patent 2.319.320. Deze schakeling is verwant met de als „Kallirotron" bekende schakeling, waarbij echter de gelijkspanning die de eene buis blokkeert, onmiddellijk van de andere betrokken wordt, zonder tusschenkomst van een gelijkgerichte wisselspanning. Het doel was hier de verwezenlijking van een negatieve weerstand.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De schakeling van fig. 2 heeft nog het bezwaar, dat bij kortsluiting van de anode met aarde of met een der andere electroden geen van beide oscillatoren meer kan werken. Aan dit bezwaar is tegemoet te komen door de uitgangstransformator te vervangen door twee iets gecompliceerdere transformatoren, zooals in *fig. 3* is aangegeven (*TrA* en *TrB*).

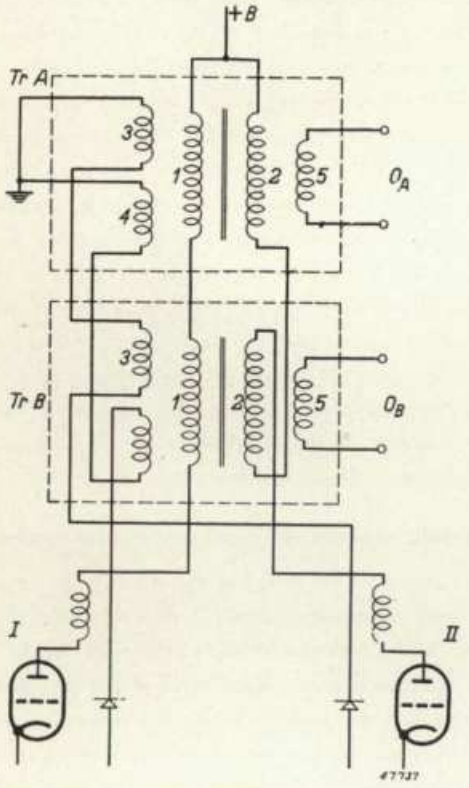


Fig. 3. Uitbreiding van de schakeling van fig. 2 met twee gebalanceerde uitgangstransformatoren (*TrA* en *TrB*), waardoor bij aardsluiting van een anode een der oscillatoren toch in werking kan blijven. De belasting moet gelijk over de twee spoelen 5 verdeeld zijn (O_A, O_B).

Nemen we aan dat de oscillator *I* in functie is, dan doorloopt zijn anodestroom de beide spoelen *1* van *TrA* resp. *TrB* en induceert spanningen in alle overige spoelen. Deze nu zijn zoodanig geschakeld, dat de spanningen in

spoelen *2* elkaar opheffen, zoodat in de anodekring van de oscillator *II* geen spanning geïnduceerd wordt. Een eventueele aardsluiting van anode *II* heeft dus geen invloed op de energielevering van *I*;

spoelen *3* met elkaar meewerken, zoodat wel een spanning resulteert die *II* blokkeert;

spoelen *4* elkaar opheffen, zoodat *I* niet zichzelf blokkeert.

Wegens de symmetrie der schakeling geldt dit alles mutatis mutandis ook als niet *I*, doch *II* de werkende oscillator is.

De twee spoelen *5* zijn de uitgangsspoelen, die ieder de helft der belasting voeden. Voorwaarde voor goede werking is wel, dat deze belastingen gelijk zijn, anders is de balanceering verstoord.

Schakeling waarbij ieder der oscillatoren metastabiel is

Fig. 4 toont een schakeling [4]) waarbij aanvankelijk elk der oscillatorbuizen geblokkeerd gehouden wordt door de negatieve roosterspanning van een batterij *C*. Deze blokkeerende spanning kan echter geneutraliseerd worden door een even groote, maar tegengesteld gerichte spanning *E*. Deze spanning *E* wordt voor elk der oscillatoren verkregen door gelijkrichting van een wisselspanning die in een hulpwikkeling op hun uitgangstransformator (*Tr I* resp. *Tr II*) geïnduceerd wordt. Eenmaal op gang gebracht, blijft de oscillator dus genereeren, maar uit zichzelf kan hij niet op gang komen, zoodat aan de eisch van metastabiliteit voldaan is. Voor het starten drukt men op de knop S_I resp. S_{II} waarmee de negatieve roosterspanning tijdelijk weggenomen wordt, zoodat de buis begint te genereeren. Is daardoor de spanning *E* tot stand gekomen, dan kan men de drukknop loslaten zonder dat er iets verandert. In normale toestand werken beide oscillatoren, maar slechts van één wordt de opgewekte spanning gebruikt.

In de anodekringen bevinden zich relais *Re* 1/2 resp. *Re* 2/1, die elk een alarmcontact bedienen, terwijl het eerste bovendien de omschakeling van de verbruiker *O* bewerkt. De relaisspoelen worden door de anode-gelijkstroom bekrachtigd. De energie, aan de uitgangstransformator onttrokken om de spanning *E* voort te brengen, is uiteraard veel geringer dan de energie, noodig om het relais te bekrachtigen.

Het relais *Re* 2/1 kan desnoods gemist worden,

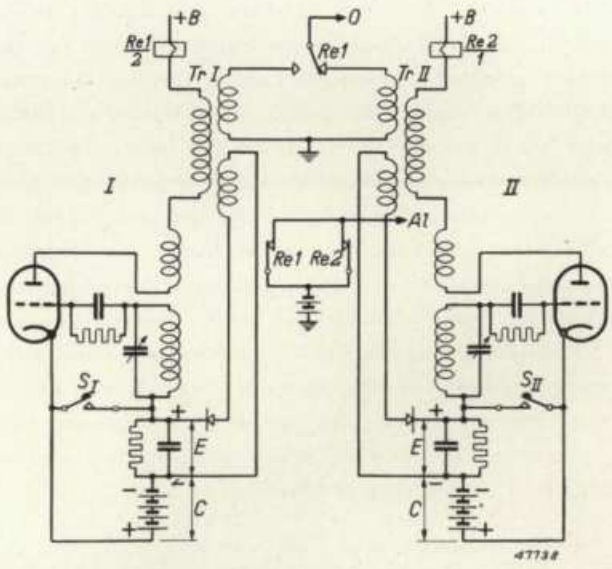


Fig. 4. Schakeling waarbij ieder der identieke oscillatoren *I* en *II* zijn eigen roosterspanning *E* opwekt, even groot als de vaste negatieve roosterspanning *C*, maar van tegengestelde polariteit. Hierdoor zijn de oscillatoren op zichzelf metastabiel, dwz. kunnen niet aan de gang komen zonder dat op de startknop S_I resp. S_{II} gedrukt wordt. De relais *Re* 1/2 en *Re* 2/1 schakelen de verbruiker *O* om resp. stellen een alarm in werking.
+*B* = positieve pool der anodebatterij, *TrI*, *TrII* = uitgangstransformatoren, *Al* = alarmkring.

[4]) U.S. Patent 2.330.582.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

maar het gebruik ervan heeft het voordeel dat men ook gewaarschuwd wordt als er een storing optreedt in de reserve-oscillator *II*, terwijl deze in oscilleerende toestand, doch niet in functie is. De betrouwbaarheid van de reserve wordt op deze wijze dus in belangrijke mate verhoogd. De schakeling van fig. 2 mist deze mogelijkheid ten eenenmale. In die gevallen waar het op uiterste bedrijfszekerheid aankomt, zal men dus de schakeling van fig. 4 verkiezen boven die van fig. 2 (en zich daarbij het gebruik van relais getroosten). Worden minder hooge eischen gesteld, dan komt de eenvoudiger methode van fig. 2 eerder in aanmerking.

Opheffing der metastabiliteit; automatische start

Het geval kan zich voordoen dat beide oscillatoren gelijktijdig — bijv. door een korte onderbreking van een der voedingsspanningen — of kort na elkaar uitvallen, zonder dat er in beide een ernstig defect is opgetreden. De dienst zou dan geheel stagneeren. De metastabiliteit speelt ons hier parten, het heeft dus zin te trachten deze op te heffen als een der oscillatoren uitvalt, hetgeen ook toelaatbaar is, daar de metastabiliteit dan zinledig wordt.

Dit kan geschieden op de in *fig. 5a* aangegeven wijze, nl. door de startknop S_I te overbruggen door een rustcontact van relais *Re* 2/1 (en omgekeerd ook S_{II} door een rustcontact van *Re* 1/2). Oscillator *I* kan dus na een voorbijgaande storing zonder hulp van buiten de dienst hervatten.

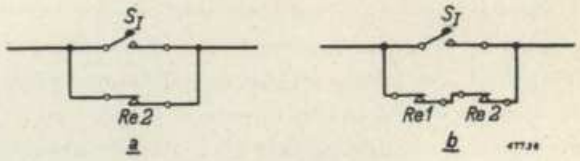


Fig. 5. *a*) Doordat de startknop S_I van oscillator *I* met een rustcontact *Re* 2 overbrugd is, kan (bij uitgevallen oscillator *II*) de oscillator *I* na een voorbijgaande storing vanzelf weer in functie komen. Omgekeerd wordt ook S_{II} overbrugd met een rustcontact *Re* 1.
b) Bij goede werking van oscillator *I* zou een slecht contact in oscillator *II* openen en sluiten van relaiscontact *Re* 2 (fig. 5*a*) veroorzaken, wat hinderlijke gevolgen kan hebben. Ter vermijding hiervan schakelt men een rustcontact *Re* 1 in serie met *Re* 2. Ook S_{II} wordt door een serieschakeling van twee rustcontacten *Re* 1 en *Re* 2 overbrugd.

Een kleine toevoeging is echter nog gewenscht. Is oscillator *I* in functie en treedt in *II* een los contact op, dan zou het relaiscontact *Re* 2, dat parallel met S_I staat, herhaaldelijk open en dicht gaan. Dit zou onschadelijk zijn als de spanningen

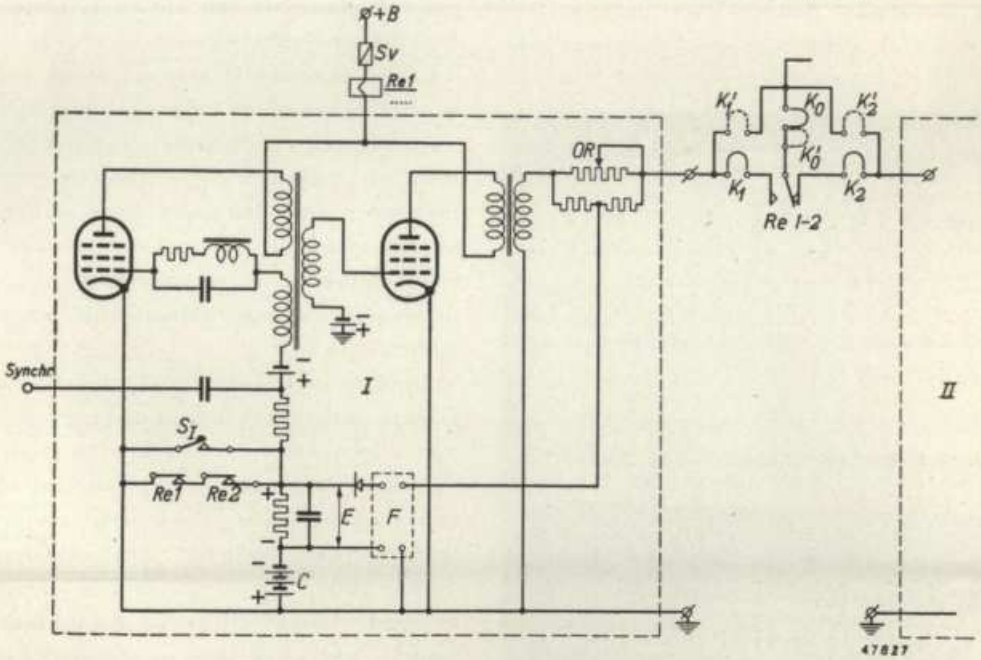


Fig. 6. Meer gedetailleerd schema, volgens het principe van fig. 4, van de impulsgenerator voor een telefoniesysteem met draaggolven.
F = op de grondfrequentie (4 kper/sec) afgestemd filter. *Synchr.* = aansluiting voor de synchroniseerende spanning. *OR* = regeling van de signaalsterkte. *Sv* = smeltveiligheid. *Re* 1-2 = relaiscontact dat de belasting hetzij met generator *I*, hetzij met *II* verbindt. Het is op deze wijze aangeduid, omdat door een (niet aangegeven) omschakelinrichting naar believen de relais *Re*1/2 en *Re*2/1 van fig. 4 verwisseld kunnen worden. Hierdoor is men vrij in de keuze, welke der generatoren men tot hoofdgenerator en welke men tot reserve wil bestemmen. Deze omschakeling geschiedt met de middelste sleutel van fig. 7. K_0, K_1, K_2 = stekerverbindingen om bij revisie van het relais de installatie onafhankelijk van het contact *Re* 1-2 te kunnen maken. Daartoe plaatst men de stekers K_0, K_1 K_2 in de gestippeld geteekende stand (K_0', K_1', K_2').

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

C en E nauwkeurig aan elkaar gelijk waren, maar dit is slechts bij benadering het geval (o.m. doordat E daalt bij ouder worden der buizen). De instelling van de buis I verandert dus eenigszins bij openen of sluiten van het relaiscontact, wat ongewenschte variaties in de afgegeven oscillatorspanning ten gevolge heeft.

Dit kan men nu vermijden door in serie met het genoemde relaiscontact nog een rustcontact van relais *Re* 1/2 te schakelen (fig. 5*b*). Dit is open zoolang oscillator I werkt, zoodat openen of sluiten van het er mee in serie staande contact *Re* 2 zonder uitwerking blijft. Omgekeerd wordt ook de andere startknop overbrugd met twee in serie geschakelde rustcontacten, een van relais *Re* 1/2 en een van relais *Re* 2/1. Beide contactenparen zijn gesloten als beide oscillatoren zijn uitgevallen; deze worden aldus in de gelegenheid gesteld opnieuw te gaan oscilleeren (voor zoover zij daartoe in staat zijn), zonder dat op de startknoppen gedrukt behoeft te worden. Dit is wat wij automatische start noemen.

Uitvoeringsvoorbeeld

In een door Philips uitgewerkt draaggolfsysteem is automatische omschakeling van de impulsgeneratoren toegepast volgens het principe van fig. 4. In *fig. 6* is de gebruikte schakeling wat meer gedetailleerd weergegeven [5]). Men herkent de boven besproken roosterspanningen C en E, en de volgens fig. 5*b* met twee relaiscontacten overbrugde startsleutel S_I. Nieuw is echter het filter (F): de spanning E, waarmee de generator zichzelf deblokkeert, mag alleen te danken zijn aan het feit, dat hij het gewenschte signaal en niet bijv. een „brommen" of een willekeurige oscillatie, voortbrengt. Hiertoe wordt vóór de gelijkrichtcel die de spanning E levert, een filter of afgestemde kring (F) geplaatst die op de grondfrequentie der te leveren wisselspanning (hier 4 kper/sec) is afgestemd.

Fig. 7 toont het schakelpaneel. De functie van enkele der hierop zichtbare sleutels is in het onderschrift toegelicht.

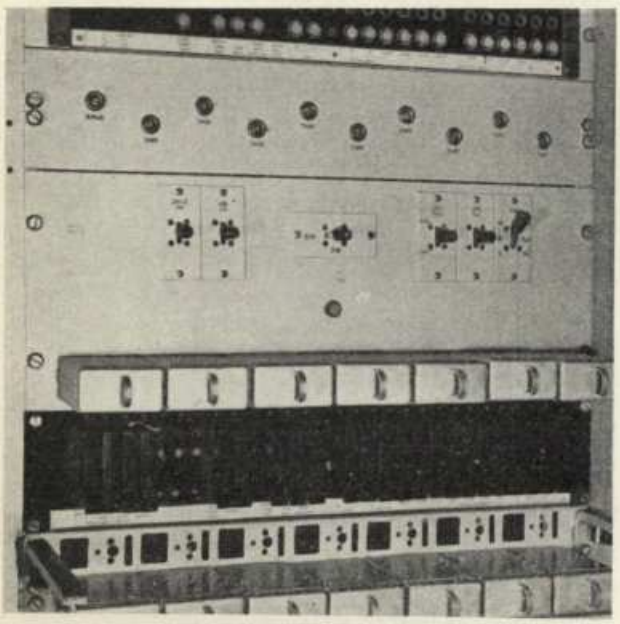


Fig. 7. Schakelpaneel voor draaggolfvoeding met automatische omschakeling volgens fig. 6. Met de middelste sleutel kiest men, welke generator hoofd- en welke reserve-generator moet worden. De meest rechtsche sleutel is de startknop (S_I of S_{II}, al naar gelang van de stand van de middelste sleutel). Met de tweede sleutel van rechts schakelt men tijdens reparatie aan de reserve-generator onder meer het alarm hiervan uit.

Automatische omschakeling van laagfrequentie-versterkers

De beschreven methoden van automatische omschakeling, zoowel die volgens fig. 2 als die van fig. 4, berusten op het gelijkrichten van een met het afgegeven signaal evenredige wisselspanning en het gebruik van deze gelijkgerichte spanning, om hetzij de andere oscillator te blokkeeren (fig. 2) of de eigen oscillator te deblokkeeren (fig. 4). Dit gaat goed, zoolang het een apparaat betreft, dat een behoorlijk constant signaal levert. In het geval bijv. van een laagfrequentie-versterker voor spraak of muziek is echter de uitgangsspanning in hooge mate variabel, zelfs gedurende pauzen telkens nul. Paste men op zulk een versterker een der beschreven methoden toe, dan zouden de pauzen, en ook de zwakke passages, voor het omschakelmechanisme een schijnbaar defect voorstellen en dus, geheel noodeloos, tot een herhaaldelijk omschakelen aanleiding zijn.

Door de volgende kunstgreep kan men dit voorkomen: men voert aan de ingang van de versterker niet alleen het te versterken laagfrequente signaal toe, maar bovendien een constant hulpsignaal van een frequentie die buiten (meestal boven) de te versterken band ligt. Dit hulpsignaal is voortdurend aanwezig en levert aan de uitgang de benoodigde blokkeerings- of deblokkeeringsspanning voor de versterkerbuis of -buizen. Een filter F als in fig. 6, afgestemd op de frequentie van het hulpsignaal, is natuurlijk onontbeerlijk.

Past men dit toe op een schakeling analoog aan die van fig. 4, dan is het noodzakelijk een begrenzing van de spanning E aan te brengen. In tegenstelling nl. met wat bij de impulsgenerator het geval is,

[5]) Dit schema is tevens een uitbreiding van fig. 2 en 5 van Philips techn. T. 8, 140 en 143, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gebruikt men bij laagfrequentie-versterkers slechts een klein deel der buiskarakteristiek. Met het oog daarop moet de instelling binnen nauwe grenzen constant blijven. Zou de spanning E door een of andere oorzaak te hoog worden, dan komt de buis in een gebied met grootere steilheid te werken, waardoor het uitgangssignaal ook grooter wordt, wat E opnieuw doet stijgen, enz. Om dit te voorkomen, kan men parallel aan de weerstand en condensator, waarop de spanning E staat (*fig. 8*), een batterij schakelen van de gewenschte spanning E', in serie met een sperlaagventiel v, dat stroom doorlaat, als E grooter wordt dan E'. Hierdoor wordt E dus tot de waarde E' gelimiteerd. Daalt E, ten gevolge van een defect, beneden de waarde E', dan houdt het ventiel de batterij als het ware afgeschakeld. E kan dus onbelemmerd dalen, hetgeen ten slotte leidt tot het uitvallen van de versterker in kwestie. In normale toestand echter is E nagenoeg gelijk aan E', zoodat de instelling van de versterkerbuis binnen nauwe grenzen blijft.

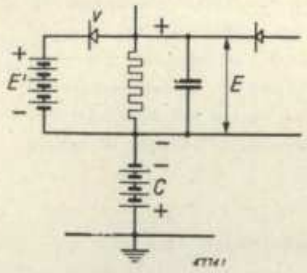


Fig. 8. Bij toepassing van het principe van fig. 4 op laagfrequentie-versterkers moet de blokkeeringsspanning E naar boven begrensd worden om de goede instelling der versterkerbuis te handhaven. Deze begrenzing kan geschieden door een batterij met spanning E' in serie met een ventiel v dat stroom doorlaat als E grooter wordt dan E'.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

IJZERVRIJ KOPERDRAAD VOOR DRAAISPOELMETERS

door P. G. MOEREL en A. RADEMAKERS. 621.317.715.004.64: 538.22

De materialen waarvan het draaiende systeem van draaispoelmeters vervaardigd is, kunnen ijzerdeeltjes bevatten. Het ferromagnetisme hiervan, in combinatie met de al of niet opzettelijke inhomogeniteit van het magneetveld, is oorzaak van bepaalde gebreken van het meetinstrument, zooals een niet-reproduceerbare nulstand of, bij ladingsmeters, een te groot resteerend koppel. Maatregelen worden besproken om in het bijzonder het voor de draaispoel gebruikte koperdraad zoo goed mogelijk ijzervrij te houden, en eenige resultaten vermeld, waartoe dit geleid heeft.

Draaispoelmeters zonder richtkoppel

Reeds in het begin van deze eeuw was bekend, dat men een magnetische flux of een doorgestroomde hoeveelheid electriciteit ($\int i\,dt$) kan meten met behulp van een draaispoelmeter, die dan aan bepaalde voorwaarden moet voldoen. Een zoodanig instrument is de fluxmeter van Grassot [1]).

De voornaamste eisch, waaraan in het bijzonder voldaan moet zijn, in afwijking van wat men verlangt van een gewone draaispoelmeter, is een uiterst klein richtkoppel.

Dit volgt uit de bewegingsvergelijking voor het draaibare systeem:

$$J\frac{d^2\varphi}{dt^2} + a\frac{d\varphi}{dt} + D\varphi = Ai \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

waarin J het massatraagheidsmoment ten opzichte van de draaiings-as, φ de draaiingshoek, t de tijd, a de dempingsconstante, D het richtkoppel bij $\varphi = 1$, A een evenredigheidsfactor en i de stroom in de draaispoel beteekenen. Deze vergelijking drukt uit dat het uitwendige koppel (Ai) evenwicht maakt met de resultante van het koppel der massakracht, het dempingskoppel en het richtkoppel.

Bezit nu het instrument een voldoend kleine traagheid en richtkoppel, zoodanig, dat de eerste en de derde term van het linker lid van (1) te verwaarloozen zijn ten opzichte van de tweede, dan blijft er over:

$$a\frac{d\varphi}{dt} = Ai \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Of, geïntegreerd:

$$\varphi_1 - \varphi_0 = \frac{A}{a}\int_{t_0}^{t_1} i\,dt = \frac{A}{a}Q \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Het verschil der uitslagen op de tijdstippen t_1 en t_0 is dus een maat voor de in dat tijdsinterval doorgestroomde lading Q.

Bij volkomen afwezigheid van richtkoppel en traagheid beweegt de draaispoel alleen tijdens stroomdoorgang, maar heeft geen bepaalde nulstand. Kiest men de tijdstippen t_0 en t_1 van (3) vóór het begin resp. na de beeindiging van de stroomdoorgang (hetgeen uiteraard het geval zal zijn, als men met een stroomimpuls te doen heeft), dan leest men φ_0 en φ_1 dus bij stilstaande wijzer af. Dit is een der voordeelen van deze methode in vergelijking met de ballistische, waarbij de grootste uitslag afgelezen moet worden.

De stroom i in het rechter lid van (2) kan een impuls zijn, opgewekt door de fluxverandering in een spoel waarop het instrument is aangesloten. Dan is:

$$i = \frac{1}{R}\cdot n\frac{d\Phi}{dt}$$

(R = totale weerstand van de keten, n = aantal windingen van de spoel, die elk de flux Φ omvatten), zoodat de oplossing van (2) wordt:

$$\varphi_1 - \varphi_0 = \frac{A}{a}\cdot\frac{n}{R}(\Phi_1 - \Phi_0). \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Is de fluxverandering verkregen bijv. door de spoel van een te onderzoeken magneet af te schuiven, dan is Φ_0 de te bepalen flux en Φ_1 practisch nul, zoodat ook hier de uitslagverandering een maat voor de gezochte grootheid is.

Het richtkoppel wordt in de eerste plaats klein gehouden door de spiraalveeren, die in gewone draaispoelmeters dit koppel leveren, geheel weg te laten, en voorts door de toevoerdraden naar de draaispoel zoo slap mogelijk te nemen en het draaibare systeem zoo zuiver mogelijk te balanceeren. Het is echter reeds lang bekend, dat er ook dan nog vaak een klein richtkoppel resteert [2]) tengevolge waarvan de wijzer na afloop van de stroomimpuls niet blijft stilstaan. Dit „parasitaire" richtkoppel moet toegeschreven worden aan de samenwerking van twee oorzaken, nl. de aanwezigheid van ferromagnetische verontreinigingen [3]) in de materialen waarvan de draaispoel vervaardigd is, in combinatie met het feit, dat het magnetische veld waarin de draaispoel beweegt, niet volkomen homogeen is (hoewel hiernaar meestal wel gestreefd wordt). Bevat het spoeltje ijzerdeeltjes, groot genoeg om ferromagnetisme te vertoonen [4]), dan worden deze naar de plaatsen getrokken waar de veldsterkte het grootst is, zoodat er een koppel op het draaibare systeem werkt, waardoor dit in stroomlooze toestand toch een zekere voorkeur voor een bepaalde stand vertoont.

---

[1]) E. Grassot, Fluxmètre, J. Phys. 4e serie, **3**, 696, 1904.

[2]) H. Busch, Das Kriechgalvanometer, Z. techn. Phys. **7**, 369, 1926.

[3]) Zie bijv. F. W. Constant, Ferromagnetic Impurities in Metals, Rev. Mod. Phys. **17**, 81, 1945, in welk artikel ook verdere literatuurverwijzingen voorkomen.

[4]) Zooals bekend, berust het ferromagnetisme op een wisselwerking van ijzeratomen (of nikkel- of cobaltatomen) onderling. Het treedt niet op bij ijzeratomen die zich als oplossing, op relatief groote afstanden van elkaar, tusschen andere atomen bevinden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Parasitair richtkoppel, veroorzaakt door ferromagnetische verontreinigingen

In *fig. 1* is dit nader toegelicht. Ook bij zuivere centreering van de ijzeren kern tusschen de poolschoenen verandert het veld H_r in de luchtspleet eenigszins met de hoek φ, ten gevolge van de spreiding

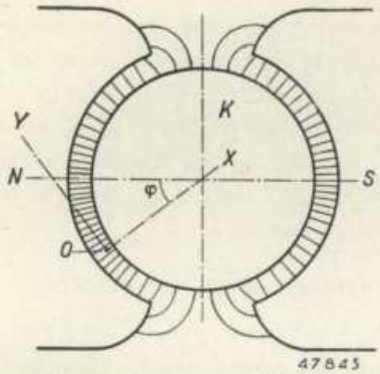


Fig. 1. Niet volkomen homogene veldverdeeling tusschen de ijzeren kern K en de poolschoenen N-S van een draaispoelmeter.

der krachtlijnen aan de zijkanten der poolschoenen; het is in de as N-S het sterkst. Een ferromagnetisch ijzerdeeltje ter plaatse O wordt tot een (nagenoeg) radiaal gerichte magnetische dipool en zal een kracht ondervinden die het naar de plaats van grootste veldsterkte tracht te bewegen, dus in de richting der in fig. 1 aangegeven y-as. Deze kracht geeft aanleiding tot een koppel, dat evenredig blijkt te zijn (zie hieronder) met de inhomogeniteit van het veld, welke door $\partial H_r/\partial\varphi$ tot uitdrukking wordt gebracht. Gesommeerd over alle ferromagnetische ijzerdeeltjes die zich in het magnetische veld bevinden en waarvan wij de gezamenlijke massa G noemen, leidt dit tot een koppel

$$K_{Fe} = CG \cdot \frac{\partial H_r}{\partial \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

op het draaibare systeem, waarin C een constante is.

Voor de component in de Y-richting der kracht F die een magnetisch veld H (met componenten H_x, H_y, H_z) op een dipool met magnetisch moment M uitoefent, geldt:

$$F_y = M_x \frac{\partial H_y}{\partial x} + M_y \frac{\partial H_y}{\partial y} + M_z \frac{\partial H_y}{\partial z}.$$

In het onderhavige geval, waar de dipool (nagenoeg) radiaal gericht is, is $M_x = M$ en $M_y = M_z = 0$, dus

$$F_y = M \frac{\partial H_y}{\partial x}.$$

De componenten F_x en F_z hebben in eerste instantie geen invloed op de uitslag van het meetinstrument en blijven hier dus buiten beschouwing.

Bij afwezigheid van electrische stroom is rot $\bar{H} = 0$; in andere vorm wordt dit uitgedrukt door drie vergelijkingen, waarvan er één luidt:

$$\frac{\partial H_y}{\partial z} = \frac{\partial H_z}{\partial y},$$

zoodat voor F_y geschreven mag worden:

$$F_y = M \frac{\partial H_z}{\partial y};$$

op de draaispoel met diameter d werkt dus een koppel k ter grootte van

$$k = \frac{d}{2} M \frac{\partial H_z}{\partial y} = M \frac{\partial H_r}{\partial \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

als φ de in fig. 1 aangegeven hoek is.

Om tot het totale koppel K_{Fe} te komen, dat door de aanwezigheid der ijzerdeeltjes op het draaibare systeem uitgeoefend wordt, moet men (6) over alle betrokken deeltjes sommeeren. Aannemende dat, globaal gesproken, deze deeltjes zich alle in een even sterk veld bevinden, met dezelfde inhomogeniteit, en dat zij gelijkvormig zijn, vindt men evenredigheid van het totale koppel met hun gezamenlijke massa G. Vat men de overige factoren in één constante, C, samen, dan krijgt men inderdaad:

$$K_{Fe} = C \cdot G \cdot \frac{\partial H_r}{\partial \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Het bedoelde effect is dus afhankelijk van twee factoren die men nog kan trachten te beïnvloeden: de hoeveelheid ijzer waarmee de spoel verontreinigd is en de inhomogeniteit van het veld (G resp. $\partial H_r/\partial\varphi$ in (5)).

Fig. 2a vertoont schematisch de verschillende koppels die in een bepaald geval op het draaisysteem van een (stroomlooze) millicoulomb-meter werken: K_{Fe} het koppel tengevolge van de aanwezigheid van ijzer in de niet bijzonder zuivere spoel, K_B het maximale koppel dat door niet te vermijden onvolmaaktheden in de balanceering overbleef, K_T het torsiekoppel der

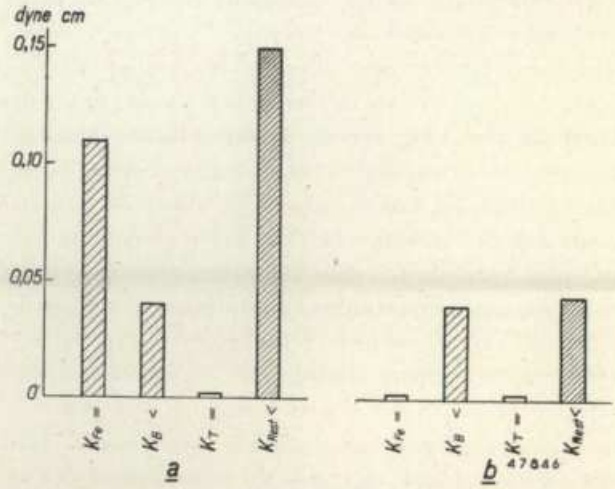


Fig. 2. Koppels die werken op het draaibare systeem van een stroomlooze millicoulomb-meter, *a*) voor een met ijzer verontreinigd, *b*) voor een nagenoeg ijzervrij draaibaar systeem. K_{Fe} = ijzerkoppel, K_B = max. balans-koppel, K_T = torsiekoppel, K_{rest} = resultante van K_{Fe}, K_B en K_T. (Ondersteld is, dat deze drie koppels in dezelfde richting werken, d.i. het ongunstigste geval.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

stroomtoevoerdraden. Tezamen vormen zij het resteerende koppel K_{rest} dat, indien het grooter is dan het wrijvingskoppel, het systeem doet bewegen. Fig. 2*b* vertoont deze koppels voor hetzelfde instrument met zorgvuldig ijzervrij gehouden materialen. Men ziet, dat het resteerende koppel van max. 0,15 tot max. ca 0,045 dyne · cm teruggebracht is.

Draaispoelmeters met richtkoppel

Verstoorde lineaire schaal bij galvanometers

Het parasitaire richtkoppel kan, behalve in de bovengenoemde flux- en ladingsmeters, ook in instrumenten met een opzettelijk richtkoppel hinderlijk zijn: het verstoort nl. de lineariteit van de schaal, doordat het totale richtkoppel niet meer zuiver evenredig met de uitslag is. Weliswaar is dit verschijnsel niet merkbaar in de gebruikelijke technische draaispoelmeters, waarbij het richtkoppel der spiraalveeren aanmerkelijk grooter dan het parasitaire koppel is — zelfs wanneer niet bijzonder gelet is op de zuiverheid der voor de spoel gebruikte materialen; bij gevoelige draaispoelgalvanometers echter, met hun zooveel zwakker richtkoppel (torsiedraad), kunnen afwijkingen van de lineariteit ontstaan. Juist bij deze instrumenten hecht men vaak groote waarde aan een lineaire schaal.

Veranderlijke nulstand bij meters met logarithmische schaal

Er is nog een onaangenaam verschijnsel, dat eveneens aan ijzerbestanddeelen in het spoeltje toegeschreven moet worden, nl. een veranderlijke nulstand. Hieronder verstaan we het volgende: het kan voorkomen dat de wijzer van een meetinstrument, hoewel deze tevoren zuiver op nul was gesteld, na een uitslag niet meer precies op nul terugkeert; de afwijking van de nulstand hangt af van de grootte van de uitslag die het instrument gehad heeft. Als bij draaiing van de spoel niet alleen de grootte maar ook de richting van het veld ten opzichte van de spoel verandert, zullen de ferromagnetische verontreinigingen bij terugkeer naar de omgeving van de nulstand een remanente magnetisatie vertoonen, waarvan de richting afhangt van de grootte van de uitslag. Er blijft dus een richtkoppel over, dat het zg. niet-reproduceerbare nulpunt veroorzaakt. Het ligt voor de hand, dat ook dit verschijnsel des te sterker zal optreden naarmate het veld meer inhomogeen is.

Hoewel men in den regel bij draaispoelmeters naar een lineaire schaal streeft, waarvoor een zoo homogeen mogelijk magneetveld noodig is, worden er voor speciale toepassingen instrumenten met een niet-lineaire, en wel in het bijzonder een logarithmische schaal gevraagd. Men denke bijv. aan de in decibels geijkte meters, die voor acoustische onderzoekingen en in de communicatietechniek gebruikt worden [5]); voorts ook aan belichtingsmeters (met een fotocel). Hierbij moet de gevoeligheid van de meter afnemen naarmate de uitslag grooter wordt. Dit kan men verkrijgen door een zoodanige dimensionneering van het magnetische circuit dat het veld, waarin de draaispoel beweegt, volgens een logarithmische wet verandert. Dit veld is hier dus sterk inhomogeen, met als gevolg een sterk veranderlijke nulstand, indien het draaiende systeem ferromagnetische deeltjes bevat.

Relatieve bepaling van het ijzergehalte

Uit het bovenstaande volgt, dat men voor de vervaardiging van de genoemde bijzondere soorten van draaispoelmeters er voor moet zorgen, dat de materialen waar het draaibare systeem uit bestaat, ijzervrij zijn. Dit geldt voor het aluminium raampje, waarop de spoel gewikkeld is, en zelfs voor de gewichtjes, die haar balanceeren (*fig. 3*) — hoewel deze zich buiten de luchtspleet en dus in een slechts zwak magnetisch veld bevinden.

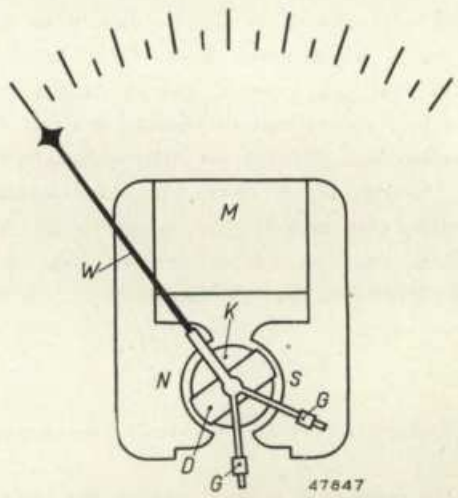


Fig. 3. Draaispoelmeter. De permanente magneet *M* magnetiseert de poolschoenen *N-S*, waartusschen zich om de kern *K* de draaispoel *D* kan bewegen. Aan deze spoel is de wijzer *W* bevestigd. De verplaatsbare contragewichtjes *G* dienen ter balanceering van het draaibare systeem.

Doch de hoofdzaak is toch wel het voor de spoel gebruikte koperdraad, waarover wij het in het volgende voornamelijk zullen hebben.

Om tot de fabricage van het benoodigde ijzervrije materiaal te komen, is in de eerste plaats naar een

[5]) Voor de redenen, waarom men hier bij voorkeur een logarithmische schaal gebruikt, zie Philips techn. T. **2**, 50, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

eenvoudige methode gezocht om snel verschillende monsters op ijzergehalte te kunnen onderzoeken. De keuze viel op een bepaling van de remanentie na magnetiseeren in een veld dat sterk genoeg is om de verzadiging te bereiken. Genomen per gewichtseenheid van het onderzochte materiaal is het resultaat een maat voor het magnetische gedrag van de stof.

Het remanente magnetische moment M_r wordt bepaald op een wijze die in *fig. 4* en het bijbehoorende onderschrift is toegelicht.

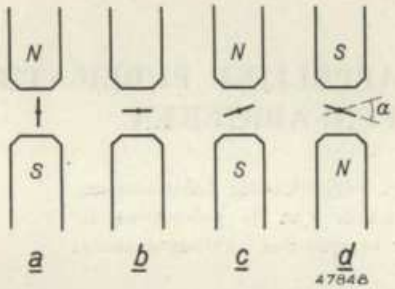


Fig. 4. Bepaling van het remanente magnetische moment van een ijzerhoudend kopermonster, bijv. een staafje, aan een torsiedraad opgehangen tusschen de polen *N-S* van een electromagneet.
a) Met een sterk veld worden de ijzerdeeltjes gemagnetiseerd.
b) Na afschakeling van het veld wordt het staafje 90° gedraaid.
c) De electromagneet wordt zwak bekrachtigd, waardoor het staafje een uitwijking krijgt.
d) Na commutatie wijkt het staafje andersom uit. De hoek waarover het draait bij overgang van *c*) naar *d*) wordt gemeten met spiegel en schaal.

Uit de hoek α, waarover een proefstaafje van de te onderzoeken stof bij commuteeren van het veld, dus bij overgang van de toestand van fig. 4*c* naar die van fig. 4*d*, draait en uit de daarbij heerschende veldsterkte H, volgt voor het remanente magnetische moment M_r:

$$M_r = \frac{\alpha\tau}{2H},$$

waarin τ de torsieconstante van de ophangdraad is.

Is G_{Cu} de massa van het kopermonster, dan heeft men in $m = M_r/G_{Cu}$ de genoemde maatstaf voor het ferromagnetische gedrag.

Met het toestel van fig. 4 zijn in de eerste plaats metingen gedaan aan technisch electrolytisch koperdraad. De gevonden waarden liepen sterk uiteen, hetgeen al spoedig voor een groot deel aan verontreinigingen aan de oppervlakte toegeschreven bleek te moeten worden. Na afbeitsen in salpeterzuur van een dun laagje lagen de uitkomsten tusschen $2\cdot10^{-5}$ en $4\cdot10^{-5}$ gauss · cm³/gram, hetgeen na verder afbeitsen (tot op de halve draaddikte) niet meer veranderde. Hieruit mag men concludeeren dat de resteerende ijzerdeeltjes homogeen in het koper verdeeld zijn.

Intusschen was gebleken dat voor de vervaardiging van meters zonder richtkoppel het ijzergehalte van afgebeitst technisch koper een factor 10 à 20 te hoog lag. Benoodigd was dus koper met m niet hooger dan ca 10^{-6}.

Fabricage van ijzervrij koperdraad

Een geschikt uitgangsmateriaal werd gevonden in het zg. *OFHC*-koper („Oxygen-Free High Conductivity"), dat als draad van 1 mm dikte beschikbaar was en dat na afbeitsen van een laagje van 10 μ een homogeen verdeeld ijzergehalte had overeenkomende met $m = 1{,}5 \times 10^{-7}$. Bij deze zuiverheid reageert het materiaal diamagnetisch, in tegenstelling met technisch koper. De meting van de remanentie blijft echter van waarde, omdat het diamagnetisme geen hysteresis vertoont.

Dit materiaal voldeed dus behoorlijk aan de gestelde zuiverheidseisch, maar het moest nog getrokken worden tot op een dikte van 25 μ, die benoodigd was voor de vervaardiging van een bepaalde meter. Gebeurde dit in een normale trekkerij, dan steeg het ijzergehalte soms tot $m = 10^{-5}$. Het is dan ook noodig gebleken, deze bewerking in een speciaal ingerichte trekkerij te doen uitvoeren, waaruit ijzer in iedere vorm zooveel mogelijk geweerd wordt, hetgeen o.a. inhoudt, dat

de treksteenen (diamanten) uitsluitend voor het trekken van ijzervrij koperdraad gereserveerd moeten blijven;

geen stalen, maar bronzen tangen, pincetten enz. gebruikt worden;

men geen leidingwater, maar gedestilleerd water in beitsbaden en als spoelwater toepast;

de atmosfeer stofvrij gehouden moet worden;

het draad zelfs niet met schoone handen aangeraakt mag worden.

Hoe belangrijk dergelijke maatregelen zijn, moge blijken uit het volgende voorbeeld:

Een stukje koper gaf in het bovengenoemde toestel een uitslag van 12,5 cm. Het werd er met een stalen pincet uitgenomen, even langs de pincet gewreven en opnieuw in het toestel gehangen. De uitslag was nu 19 cm. Dit komt overeen met een toeneming van het magnetische moment van $3\cdot10^{-7}$, d.i. met een stijging van het ijzergehalte die tweemaal zooveel bedraagt als 1 gram van het zuiverste materiaal bevat; een relatief groote stijging dus van een minieme hoeveelheid.

Dat het ijzergehalte inderdaad zeer gering is, volgt ook uit de bepaling er van langs chemische weg, die leidt tot uitkomsten van de orde van 10^{-2}% voor technisch en van 10^{-4}% voor „ijzervrij" koper.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Practische resultaten

Het gebruik van ijzervrij koperdraad levert de mogelijkheid tot belangrijke kwaliteitsverbetering van diverse soorten speciale draaispoelmeters. Zoo is het mogelijk bij meters met niet-lineaire schaal de nulpuntsfout, die anders wel een schaaldeel kan bedragen, tot een niet waarneembaar bedrag terug te brengen. Uit fig. 2 bleek reeds de verbetering in het resteerende koppel van een millicoulomb-meter. Vóór het gebruik van ijzervrij materiaal was dit koppel de oorzaak ervan, dat na stroomdoorgang het systeem in beweging bleef met een snelheid van ca 1/20 schaaldeel per seconde. O.m. door overgang op ijzervrije materialen is bereikt, dat deze snelheid hoogstens nog in een klein gebied van de schaal 1/60-1/100 schaaldeel per seconde bedraagt, in het overige gebied geheel tot nul is gereduceerd.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage gratis overdrukken. Van de publicaties die met een sterretje * zijn gemerkt, is echter geen voor verspreiding voldoende aantal overdrukken beschikbaar.

1683: H. Rinia en P. M. van Alphen: A new method of producing aspherical optical surfaces (Proc. Kon. Ned. Acad. Wetenschappen, Amsterdam **49**, 146-149, 1946).

Reeds Descartes en Newton vestigden de aandacht op het nut van asferische oppervlakken in optische instrumenten. In de laatste tijd is hiervoor belangstelling ontstaan in verband met het spiegelsysteem van Schmidt. Afgezien van de beeldvlakkromming is de eenige fout van dit systeem de sferische aberratie; deze kan worden opgeheven met een correctieplaat met een 4e graads oppervlak. Het fabriceeren van zulke correctieplaten in massaproductie door slijpen of persen heeft verscheidene bezwaren. In dit artikel wordt beschreven hoe deze platen van gelatine kunnen worden gegoten. Voorloopige proeven met deze methode hebben goede resultaten opgeleverd.

1684: H. Rinia: New possibilities for the air engine (Proc. Kon. Ned. Acad. Wetenschappen, Amsterdam **49**, 150-155, 1946).

Na een opsomming van de verschillende typen van calorische machines wordt het principe van de heeteluchtmotor beschreven. Men vergelijke hiervoor Philips techn. T. **8**, 129, 1946 (nr. 5).

1685: P. J. Bouma: Zur Einteilung des Ostwaldschen Farbtonkreises (Experientia **2**, 99-103, 1946).

Schrijver toont aan dat het, door Ostwald aan zijn kleurencirkel ten grondslag gelegde, „Prinzip der inneren Symmetrie" een aantal elkaar tegensprekende eischen bevat. Na beperking van het principe blijkt het mogelijk, de domineerende golflengte te berekenen van de 24 kleurpunten van de Ostwaldkring, gelegen op de kromme der karakteristieke kleuren („Vollfarben") in de kleurendriehoek. De resultaten van deze berekening worden vergeleken met de gegevens van Richter.

1686*: J. van Slooten: Meetkundige beschouwingen in verband met de theorie der electrische vierpolen (dissertatie Delft 1946).

De in dit proefschrift behandelde theorie bestaat in hoofdzaak uit twee gedeelten. De eerste twee hoofdstukken behandelen de eigenschappen van vierpolen als impedantie-transformator. In de laatste drie hoofdstukken wordt de vraag behandeld, hoe men bij cascadeschakeling (resp. parallelschakeling) van twee verliesvrije vierpolen, waarvan de transformator-eigenschappen van ieder afzonderlijk bekend zijn, op eenvoudige wijze de eigenschappen van de resulteerende vierpool kan vinden. Het blijkt dat het probleem voor de cascadeschakeling neerkomt op het samenstellen van niet-Euclidische bewegingen. Dit wordt uitgevoerd in een hiervoor uitgewerkt zg. Cayley diagram. De aangewezen constructies vinden in het bijzonder toepassing in de techniek der ultra korte radiogolven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!